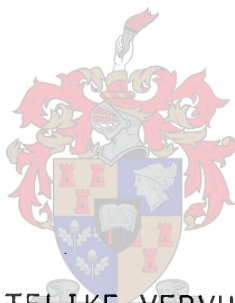


SELEKTERING VAN MIKROÖRGANISMES, DEUR MIDDEL VAN
'N HOË SUBSTRAATKONSENTRASIE, OM SLYKUITDYING,
IN DIE GEAKTIVEERDESLYKPROSES TE HERSTEL

DEUR

JAMES ALWYN VAN DER LINDE



TESIS INGELEWER TER GEDEELTELIKE VERVULLING VAN DIE VEREISTES
VIR DIE GRAAD MAGISTER IN SIVIELE INGENIEURSWESE TOEGEKEN DEUR
DIE UNIVERSITEIT VAN STELLENBOSCH

PROMOTOR: MNR WM MALAN

JUNIE 1983

STELLENBOSCH

Hiermee verklaar ek, JAMES ALWYN VAN DER LINDE, dat hierdie verhandeling aan geen ander Universiteit voorgelê was ter verkryging van 'n graad nie en dat die werk hierin opgeneem, my eie is.

Geteken: _____

James Alwyn van der Linde

Datum: _____

23-06-83

SAMEVATTING

Die herstel van 'n uitdyende slyk is deur die beginsel van selektering van mikroörganismes ondersoek. Selektering van mikroörganismes in geaktiveerde slyk is toegepas deur 'n seleksie kompartement met 'n hoë substraatkonsentrasie, voor die groot belugtingsbak te plaas. Die aanvanklike resultate wat verkry is, het selektering van mikroörganismes en 'n verlaging in die SVI getoon, maar volledige selektering van mikroörganismes kon nie verkry word nie.

SYNOPSIS

The remedy of a bulking sludge was investigated by the principle of selection of microorganisms. Selection of microorganisms in activated sludge was achieved by putting a selection compartment, with a high substrate concentration, ahead of the main aeration basin. The initial results in the experiments indicated selection of microorganisms and a reduction of SVI, but complete selection of microorganisms could not be obtained.

BEDANKINGS

My opregte dank en waardering aan die volgende wat meegehelp het met hierdie tesis:

1. Mnr. W.M. Malan, vir sy raad en ondersteuning.
2. Mnr. B.A. Marais en sy personeel, vir hulle hulp in die laboratorium.
3. Mev. R. Els, vir die tik van die tesis.
4. Mnr. Fox, vir die hulp in taalgebruik.
5. My vrou, Bèbè, vir haar onderskraging en begrip tydens my studies.
6. My ouers, vir hul aanmoediging en bystand.
7. Aan my Hemelse Vader, sonder wie niks moontlik is nie.

AFKORTINGS

O.S.	-	Konsentrasie opgeloste suurstof (mg/l)
SVI	-	Slykvolume-indeks (ml/g)
BSB	-	Biologiese Suurstofbehoefte (mg/l)
TKN	-	Totale Kjeldal-Stikstof (mg/l as N)
SSSM	-	Swewende Stowwe in die Slykmengsel (mg/l)
VSSSM	-	Vlugtige Swewende Stowwe in die Slykmengsel (mg/l)
TVSSM	-	Belugtingsbak VSS + besinktenk VSS (g)
VSS	-	Vlugtige Swewende Stowwe
V_T	-	Totale volume van belugte sisteem (l)
V_i	-	Volume van eerste seleksiekompartement (l)
V_T/V_i	-	Volumeverhouding van seleksiestelsel
F/M	-	Kos (substraat): Mikroörganismeverhouding
i	-	Voetskrif verwys na eerste seleksiekompartement
s	-	Voetskrif verwys na seleksiestelsel
k	-	Voetskrif verwys na kontrolestelsel

Ander afkortings word verduidelik waar dit gebruik is.

INHOUDSOPGAWE

	<u>Bladsy</u>
<u>HOOFSTUK 1: PROBLEEMSTELLING</u>	1.1
<u>HOOFSTUK 2: SLYKUITDYING IN GEAKTIVEERDE SLYK</u>	2.1
2.1 Algemeen	2.1
2.2 Definisie van die term "uitdyende" slyk	2.1
2.3 Verskillende tipes besinkingsprobleme	2.2
2.3.1 Vlokformingsprobleme	2.2
2.3.2 Digtheidsprobleme	2.3
2.3.2 Kompaksieprobleme	2.4
2.4 Struktuur van die slyk	2.5
2.5 Meganisme van besinking	2.6
<u>HOOFSTUK 3: FAKTORE WAT SWAK BESINKING EN SLYKUITDYING VER- <u>OORSAAK</u></u>	3.1
3.1 Algemeen	3.1
3.2 Konsentrasie koolhidrate	3.1
3.3 Konsentrasie opgeloste suurstof	3.2
3.4 Voedingstowwe - stikstof en fosfor	3.3
3.5 Skoklaste	3.3
3.6 Organiese lading	3.4
3.7 Temperatuur en pH	3.5
3.8 Slyktoestand	3.5
3.9 Filamentlengte	3.6
3.10 Ander faktore	3.6
<u>HOOFSTUK 4: REGSTELLING VAN 'N UITDYEENDE SLYK</u>	4.1
4.1 Algemeen	4.1
4.2 Algemene waarnemings en toetse	4.1
4.2.1 Slykvolume-indekstoets	4.1
4.2.2 Toets vir pH en konsentrasie opgeloste suurstof	4.1
4.2.3 Kondisie van die slyk	4.1
4.2.4 Mikroskopiese ondersoek	4.2
4.2.5 Identifisering van mikroörganismes	4.2

	<u>Bladsy</u>
4.3 Faktore by die regstelling van uitdyende slyk	4.2
4.3.1 Voedingstowwe	4.2
4.3.2 Konsentrasie opgeloste suurstof	4.3
4.3.3 Byvoeging van chemiese stowwe	4.3
4.3.4 Beheer oor slykkonsentrasie	4.4
4.3.5 Vermeerdering van spesifieke gewig van die slykvlok	4.4
4.4 Die verskil tussen kontinue vloei, propvloei en onderbroke vloei in slykuitdying	4.4
 <u>HOOFSTUK 5: FILAMENTIESE MIKROÖRGANISMES IN GEAKTIVEERDE SLYK</u>	 5.1
5.1 Algemeen	5.1
5.2 <u>Sphaerotilus natans</u>	5.2
5.3 Ander filamentiese mikroörganismes	5.4
 <u>HOOFSTUK 6: DIE GROEI VAN MIKROÖRGANISMES</u>	 6.1
6.1 Algemeen	6.1
6.2 Groeifases	6.1
6.3 Voedingstowwe	6.2
6.4 Omgewingsaanpassing	6.2
6.5 Substraatopname deur mikroörganismes	6.3
 <u>HOOFSTUK 7: NATUURLIKE SELEKTERING VAN MIKROÖRGANISMES DEUR <u>DIE KOMPETISIE OM VOEDINGSTOWWE</u></u>	 7.1
7.1 Algemeen	7.1
7.2 Hipoteses oor die kompetisie van mikroörganismes	7.1
7.3 Kompetisie in die slykvlok	7.2
7.4 Kompetisie om opgeloste suurstof in die sisteem	7.3
7.5 Kompetisie om stikstof en fosfor	7.3
7.6 Eienskappe van mikroörganismes by selektering	7.3
7.7 Kinetiese teorie van mikroörganismes by selektering	7.4
7.8 Invloed van die substraat op die selekteringsproses	7.6
7.8.1 Substraatkonsentrasie	7.6
7.8.2 Substraatsamestelling	7.6
7.8.3 Substraatopnametempo	7.7
7.8.4 Substraatstoring en akkumulasie	7.7

HOOFSTUK 8:	<u>BESPREKING VAN CHUDоба ET AL²⁾³⁾ EN LEE ET AL¹⁾</u>	
	<u>SE ONDERSOEKE NA DIE SELEKTERING VAN MIKROÖRGANISMES</u>	8.1
8.1	Agtergrond van Chudoba et al se werk	8.1
8.2	Agtergrond van Lee et al se werk	8.1
8.3	Faktore van belang by die selektering van mikroörganismes	8.3
8.3.1	Die dispersiegetal	8.3
8.3.2	Die substraatkonsentrasiegradiënt	8.4
8.3.3	Die getal kompartemente in die sisteem	8.6
8.3.4	Die grootte van die eerste seleksiereaktor	8.6
8.3.5	Die retensietyd in die eerste seleksiereaktor	8.6
8.3.6	Die F/M -verhouding in die eerste seleksiereaktor	8.10
8.3.7	Die slykretoertempo	8.13
8.3.7	Die tydsduur vir volledige selektering van mikroörganismes	8.13
8.3.9	Die veranderlike konsentrasie rondom die mikroörganismes deur die sisteem	8.15
HOOFSTUK 9:	<u>INLEIDING TOT EKSPERIMENTELE WERK</u>	9.1
9.1	Motivering vir eksperimentele ondersoek	9.1
9.2	Periode van eksperimentele ondersoek	9.2
9.3	Eksperimentele apparaat en prosedure	9.2
9.3.1	Toevoerhouers	9.2
9.3.2	Belugtingsbakke	9.3
9.3.3	Besinktenks	9.3
9.3.4	Uitvloeiselhouers	9.4
9.3.5	Algemeen	9.4
9.4	Bedryfsprosedures	9.5
9.4.1	Toevoerwater	9.5
9.4.2	Vorming van uitdyende slyk	9.5
9.4.3	Slykouderdom	9.5
9.4.4	Duur van elke eksperiment	9.6
9.4.5	Eksperimentele bepalings	9.6

	<u>Bladsy</u>
<u>HOOFSTUK 10: EKSPERIMENTELE WERK: PROSEDURE EN RESULTATE</u>	10.1
10.1 Eksperimentele opstellings	10.1
10.2 Eksperiment lopie 1	10.2
10.2.1 Prosedure	10.3
10.2.2 Resultate	10.3
10.2.3 Bespreking	10.4
10.3 Eksperiment lopie 2	10.6
10.3.1 Prosedure	10.6
10.3.2 Resultate	10.6
10.3.3 Bespreking	10.7
10.4 Eksperiment lopie 3	10.19
10.4.1 Prosedure	10.19
10.4.2 Resultate	10.19
10.4.3 Bespreking	10.20
10.5 Eksperiment lopie 4	10.29
10.5.1 Prosedure	10.29
10.5.2 Resultate	10.29
10.5.3 Bespreking	10.30
10.6 Eksperiment lopie 5	10.33
10.6.1 Prosedure	10.33
10.6.2 Resultate	10.33
10.6.3 Bespreking	10.34
10.7 Mikroskopiese ondersoek	10.36
10.8 Samevatting en bespreking van resultate	10.44
<u>HOOFSTUK 11: SAMEVATTING EN GEVOLGTREKKINGS</u>	11.1
11.1 Samevatting	11.1
11.2 Gevolgtrekkings	11.2
<u>HOOFSTUK 12: LITERATUURVERWYSINGS</u>	12.1

Bylae A: Metode vir die bepaling van die slykmengselkonsentrasie by ewewig
 Bylae B: Metode vir die bepaling van die minimum konsentrasie stikstof
 in die toevoer

HOOFSTUK 1: PROBLEEMSTELLING

In die verlede is daar baie navorsing oor slykuitdying in die geaktiveerde-slykproses gedoen. Die meeste navorsing oor die herstel van 'n uitdyende slyk of om slykuitdying te voorkom het gehandel oor bedryfstoestande, ontwerp en die dosering van chemiese stowwe. Eers in die laaste dekade is die beginsel van selektering van mikroörganismes ondersoek. In die literatuur is slegs enkele gevalle waar die beginsel van selektering toegepas en ondersoek is.

Hierdie ondersoek is geloods nadat 'n literatuurstudie oor die faktore wat betrekking het by die selektering van mikroörganismes gedoen is. Die vernaamste faktor in die selekteringsproses is die substraatkonsentrasie wat die mikroörganismes omring. Die stelling dat 'n hoë substraatkonsentrasie rondom die mikroörganismes die groei van filamente onderdruk, is ondersoek. Selektering van mikroörganismes word bewerkstellig in 'n seleksiekompartement (met 'n hoë substraatkonsentrasie rondom die mikroörganismes), waarna die groot belugtingsbak volg. Met so 'n selekteringsproses waarin die groei van filamentiese mikroörganismes voortdurend onderdruk word, sal uitdyende slyk herstel kan word na 'n slyk wat goed besink.

HOOFSTUK 2: SLYKUITDYING IN GEAKTIVEERDE SLYK

2.1 Algemeen

Wanneer daar ernstige probleme in die geaktiveerde slykproses ontstaan, is dit gewoonlik by die punt waar die slyk van die water geskei moet word. Indien die slyk in die sekondêre besinktenk swak besinkingseienskappe toon en baie stadig of glad nie besink nie, het die geaktiveerde slykproses gefaai. Die slyk kan dan saam met die uitvloeisel verlore gaan en die slykkonsentrasie in die belugtingstenke kan daal. Die mikroörganismes in die sisteem kan sodoende meer na 'n log groeifase verskuif en 'n konstante slykouderdom kan nie gehandhaaf word nie.

Die rede vir die swak besinking van die slyk moet in die mikrobiologie van die sisteem gesoek word. Die mikrobiologiese samestelling kan 'n groot invloed op die vorming van die slykvlokkie hê. Verskeie faktore, byvoorbeeld pH, temperatuur en die konsentrasie opgeloste suurstof, om 'n paar te noem, het 'n invloed op die mikrobiologiese samestelling van die sisteem. Die groei van bepaalde mikroörganismes wat vir die struktuur van die slykvlokkie verantwoordelik is, kan sodoende bevorder of vertraag word. Sekere mikroörganismes vorm sterk, goeie besinkbare vlokkie, terwyl ander weer onbesinkbare vlokkie vorm of glad nie vlokkie vorm nie.

Die doel van die geaktiveerde slykproses is tweeledig van aard:

1. Die slyk/mikroörganismes moet die organiese materiaal van die afvalwater in 'n relatiewe kort tyd kan skei.
2. Die slyk moet maklik deur middel van sedimentasie van die uitvloeisel geskei kan word.

2.2 Definisie van die term "uitdyende" slyk

In die algemeen word slyk wat stadig besink en swak kompaksie-eienskappe het, uitdyende slyk genoem. Daar bestaan uiteenlopende menings oor wanneer so 'n slyk as uitdyend bekend moet staan en of

swak bioflokulasie ook uitdying genoem moet word.

Kalinske⁵⁾ voer aan dat die term net gebruik moet word by ligte volumineuse slyk wat 'n oorheersende groei van filamentiese mikroörganismes toon. Ruchoft en Kachmar⁶⁾ beskou uitdying as die reaksie van die slyk/mikroörganismes as gevolg van 'n skielike versteuring in die mikrobiologiese balans. Barnard⁷⁾ voer aan dat die term alleenlik van toepassing is by die situasie waar daar 'n verskuiwing in die populasie van die bakteriese massa in die slykmengsel plaasgevind het. Die verskuiwing in die balans van die bakteriese populasie kan veroorsaak word deur fisiese tekortkominge in die sisteem of deur konsentrasie van die substraat en voedingstowwe, skoklaste, ens.

Die skrywer se mening is dat uitdying net gekoppel behoort te word aan slyk wat swak besink as gevolg van 'n verskuiwing in die balans van die mikroörganismes na 'n oorheersing van filamente. Enige swak besinkbare slyk is dan nie altyd uitdyyende slyk nie.

2.3 Verskillende tipes besinkingsprobleme

Pipes⁸⁾⁹⁾ klassifiseer probleme met swak besinking in drie groepe:

2.3.1 Vlokvormingsprobleme

Normaal geaktiveerde slyk:

Die slyk het 'n donker kleur en die vlokke is 50 - 500 μm in diameter. Die vlokke is goed gevorm en besinking in 'n 1 ℓ -maatsilinder gee SVI van 100 - 200 ml/g . Die vlokke is 'n saamgroepering van bakterieë waarin 'n paar filamente voorkom om 'n basis te vorm.

Dispersiegroei:

Dispersiegroei toon geen noemenswaardige besinking in 'n 1 ℓ -maatsilinder nie, en die slyk is baie lig van kleur. Onder die mikroskoop toon dispersiegroei 'n samestelling van bakteriese selle, kort filamente en flaggelaat protosoë, sonder definitiewe vlokvorming. Dit vind

gewoonlik plaas as die konsentrasie opgeloste organiese materiaal in die toevoer baie hoog is.

Ontvlokking:

Wanneer ontvlokking voorkom of normale slykvlokke opbreek om dispersiegroei te vorm, is daar drie moontlike oorsake:

1. Die slyk/mikroörganismes kan ophou om met die toevoer te reageer sodat inkomende gesuspendeerde partikels onaangeraak deur die sisteem gaan.
2. Die protosoë kan ophou werk sodat die bakterieë oormatig vinnig groei en vermeerder.
3. Die bakterieë in die vlokkie kan doodgaan sodat die vlokkie weer opbreek.

Alhowel slyk in dié geval tog kan besink, is die bowater uiters troebel met baie bakteriese selle.

Soölogiese vlok (Pin-point floc):

Soölogiese vlok is baie klein partikels wat steeds in die bowater bly nadat besinking plaasgevind het. Twee tipes kom voor, naamlik dié met 'n hoë BSB en dié met 'n lae BSB. In die eerste geval lyk dit soos normale vlokkie, maar dit toon geen neiging om te besink of om op te vloei na bo nie. In die tweede geval toon dit slegs 'n vormlose massa onder die mikroskoop.

2.3.2 Digtheidsprobleme

Opdrywende slyk:

Sulke gevalle kom voor wanneer slykpartikels wat individueel swaar genoeg is om te besink, nie wil besink wanneer flokkulasie plaasgevind het nie. Dit gebeur wanneer gasblasies in die slyk vasgevang word. Die slyk besink gewoonlik goed binne 30 minute, maar later dryf 'n gedeelte van die slyk weer bo. Dit is wanneer

nitrifikasie en denitrifikasie plaasgevind het en stikstofgas produseer wat in blasies in die slyk vasgevang word.

Anaerobiese slyk:

Gasblasies word in die slyk vasgevang.

Oorbelugte slyk:

Lugblasies word in die slyk vasgevang.

Drywende slyk:

Die digtheid hiervan is laer as dié van water, gewoonlik as gevolg van dooie mikroörganismes waaraan die slyk vassit, of vette en skuim in die slykmengsel.

2.3.3 Kompaksieprobleme

Slyk wat stadig besink en swak kompakteer, word deur Pipes⁸⁾ in hierdie groep geplaas en uitdyende slyk genoem. Daar is twee tipes in die groep, naamlik flokkulente slyk (soölogiese slykuitdying) en filamentiese slyk (filamentiese slykuitdying).

Soölogiese slykuitdying:

Dié nie-filamentiese uitdying word veroorsaak deur vlokpartikels wat groot hoeveelhede gebonde water in het. Onder die mikroskoop vertoon die slykpartikels versprei met relatiewe groot oppervlakareas. Hierdie tipe uitdying stem baie ooreen met ontvlokking.

Filamentiese slykuitdying:

Filamentiese uitdyende slyk besink baie stadig en gee SVI-waardes van groter as 100 ml/g en tot so groot as 2 000 ml/g. Die bowater is baie skoon en die slyk toon 'n ligte grys of witterige kleur met 'n soeterige reuk. Die vlokke kan lyk soos normale geaktiveerde slykvlokke, met dié verskil dat filamentiese mikroörganismes op groot skaal uit die vlokke groei. In sekere gevalle kan die slyk net uit filamente bestaan met baie min bakteriese vlokke. Daar

is verskeie tipes filamentiese mikroörganismes wat uitdying veroorsaak.

2.4 Struktuur van die slyk

Die verskil tussen filamentiese uitdyende slyk en nie-uitdyende slyk kan in die struktuur van die slyk waargeneem word. Volgens Sezgin¹⁰⁾ kan die struktuur van die slyk in twee vlakke verdeel word, naamlik die mikrostruktuur en die makrostruktuur.

Mikrostruktuur:

In die mikrostruktuur moet daar die regte mikrobiologiese kondisies (fisies en chemies) wees om 'n stabiele flokkulente suspensie van mikroörganismes te vorm. Indien die regte kondisies nie voorkom nie, sal 'n swak flokkulente en swak besinkbare slyk gevorm word.

Makrostruktuur:

Indien die kondisies reg is vir die mikrobiologiese samestelling en daar 'n goeie mikrostruktuur is, sal 'n goed gevormde makrostruktuur verkry word. Die mikroörganismes sal dan goed flokkuleer. In die makrostruktuur is filamentiese en vlokvormende mikroörganismes 'n integrerende deel van die geaktiveerde slykvlokkie.

In normale geaktiveerde slykvlokkie dien die filamentiese mikroörganismes as 'n basis of ruggraat in die vlok. Indien oormatige uitgroeiings van die filamente uit die vlok begin plaasvind, sal filamentiese uitdyende slyk gevorm word.

Die vlokkie waarin baie filamente voorkom en waaruit filamente oormatig uit die vlokkie groei, kan op twee maniere saamgevoeg word. Die lang uitgroeiende filamente kan aan die ander vlokkie vasheg, of die uitgroeiende filamente kan aan filamente van ander vlokkie vasheg. So word 'n netwerk gevorm wat veroorsaak dat die vlokkie moeilik besink (sien foto's, paragraaf 10.7).

2.5 Meganisme van besinking

By 'n lae graad van filamente vorm geaktiveerde slykvlokkie kompakte, hoëdigte vlok-tot-vlok-aggregate. Soos die filamente wat uit die vlokkie groei vermeerder, word filament-tot-filament- en filament-tot-vlok-aggregate gevorm. Volgens Sezgin¹¹⁾ is die faktore wat die besinking van die aggregate beïnvloed:

1. netto gravitasiekrag,
2. vloeistofweerstandskrag, en
3. interpartikelkragte.

Die netto gravitasiekrag is die gravitasiekrag minus die dryfkrag. Die vloeistofweerstandskrag is die weerstand wat deur die vloeistof uitgeoefen word wanneer dit deur die aggregate verplaas word. Die interpartikelkragte word gevorm deur die netwerk van aggregate in die besinkingskolom. Interpartikelkragte van onderliggende aggregate bied weerstand teen die besinking van oorliggende aggregate.

Filamentiese interpartikelkragte en vlokinterpartikelkragte kan gelyktydig voorkom, afhangende van die graad van filamentlengte. Indien min filamente voorkom, is die vlok interpartikelkragte oorheersend en omgekeerd, indien baie filamente teenwoordig is, is die filamentiese interpartikelkragte oorheersend.

HOOFSTUK 3: FAKTORE WAT SWAK BESINKING EN SLYKUITDYING VEROORSAAK

3.1 Algemeen

Deur die jare is verskeie faktore wat uitdying tot gevolg het eksperimenteel vasgestel. Die oorsake kan toegeskryf word aan foutiewe ontwerp, voedingstoftekorte en substrate wat filamentiese groei bevorder, bedryfstoestande, omgewingstoestande en die biochemiese en mikrobiologiese samestelling van die slyk self.

Die faktore kan soos volg opgesom word:

Substraatlading¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾
 Belugtingstyd¹⁴⁾
 Die lewensvatbaarheid van die biomassa⁷⁾
 Temperatuur¹⁵⁾¹⁶⁾ en pH¹⁶⁾¹⁷⁾
 Intensiteit van turbulensie¹⁸⁾
 Inerte materiaal wat die sisteem binnekom¹⁴⁾
 Die mikrobiologiese samestelling van die slyk⁸⁾
 Die konsentrasie opgeloste suurstof¹⁰⁾¹⁹⁾²⁰⁾
 Hoë konsentrasie koolhidrate²¹⁾²²⁾²³⁾
 Onvoldoende voedingstowwe⁷⁾¹²⁾¹⁹⁾
 Skoklaste⁶⁾⁷⁾
 Septiese afvalwater¹⁵⁾
 Sulfiedes en anaerobiese toestande²⁴⁾
 Die lengte en hoeveelheid filamente²⁵⁾²⁶⁾.

Slegs enkele van bogenoemde faktore word in meer besonderhede bespreek.

3.2 Konsentrasie koolhidrate

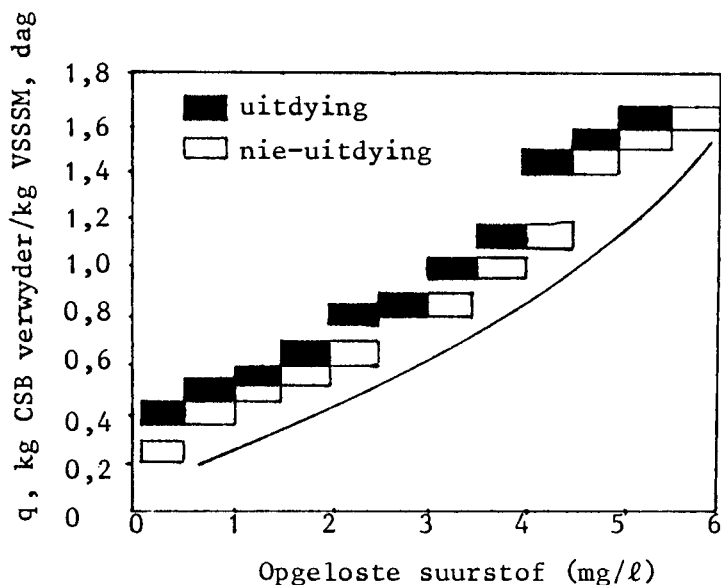
Dit is algemeen bekend dat koolhidrate spesifieke stimulanse by die vorming van uitdyende slyk is. Ingols en Heukelekian²¹⁾²⁷⁾²⁸⁾ het baie navorsing gedoen oor die tipes en die hoeveelheid koolhidrate wat slykuitdying tot gevolg het. Hulle het veral gevind dat glukose en ander suikers die groei van filamente bevoordeel aangesien dit maklik vir die filamentiese mikroörganismes opneembaar is.

Littman²²⁾ het in sy ondersoek binne twee dae filamentiese uitdyende slyk gekry deur die byvoeging van koolhidrate in 'n sisteem met 'n lae konsentrasie stikstof. Ruchoft en Kachmar⁶⁾ het ook die invloed van koolhidrate op slykuitdying bevestig. Kalinske⁵⁾ is egter van mening dat dit nie die koolhidrate as sodanig is wat die oorsaak is nie, maar eerder die verhouding BSB of CSB tot stikstof tot fosfor.

3.3 Konsentrasie opgeloste suurstof

Ingols en Heukelekian²⁸⁾ en Ruchoft en Kachmar⁶⁾ het bevind dat die konsentrasie suurstof 'n rol in slykuitdying speel. Volgens Ruchoft⁶⁾ word die opgeloste suurstof baie makliker en vinniger deur die filamentiese mikroörganismes as deur die flokkulente mikroörganismes opgeneem. Filamente kan steeds goed groei by lae konsentrasies opgeloste suurstof, maar kan nie in die afwesigheid daarvan leef nie.

Palm²⁰⁾ het eksperimentele werk gedoen op die lading (massa CSB verwyder per massa vlugtige swewende stowwe per dag) en die konsentrasie opgeloste suurstof wat daarvoor benodig word. Hy het sy bevindinge (met SSSM van 1 100 mg/l) soos in Figuur 3.1 grafies voorgestel.



Figuur 3.1²⁰⁾: Kombinasies van CSB-verwyderingstempo en belugtingsbakkonsentrasie opgeloste suurstof in slykuitdying by SSSM van 1 100 mg/l

Palm²⁰⁾ het 'n veiligheidslyn (sien Figuur 3.1) ongeveer 0,5 mg/l vanaf die verdelingslyn getrek. Die waardes volgens hierdie lyn behoort 'n veilige konsentrasie opgeloste suurstof te gee vir 'n spesifieke CSB verwyderingstempo.

3.4 Voedingstowwe- stikstof en fosfor

Die verhouding CSB of BSB tot N tot P is baie belangrik in die sisteem. Die stikstof en fosfor dien as voedingstowwe vir die mikroörganismes.

'n Tekort aan die voedingstowwe kan lei tot die oorheersing van filamentiese mikroörganismes en gevolglik slykuitdying. Verskeie navorsers se ondersoeke het gelei tot die vasstelling van 'n minimum verhouding waarin die voedingstowwe in die sisteem teenwoordig moet wees:

Volgens Barnard ⁷⁾	BSB:N:P \equiv 150:5:1
Volgens Palm ²⁰⁾	BSB:N:P \equiv 100:5:1

Met 'n ruwe benadering dat die BSB ongeveer 50% van die CSB is, is die CSB-waardes in bogenoemde verhoudings onderskeidelik 300 en 200.

Marais en Ekama²⁹⁾ het formules opgestel om die konsentrasie stikstof en fosfor wat in 'n sisteem benodig word, te bereken. Die slykoudedom is 'n belangrike faktor in die berekening daarvan.

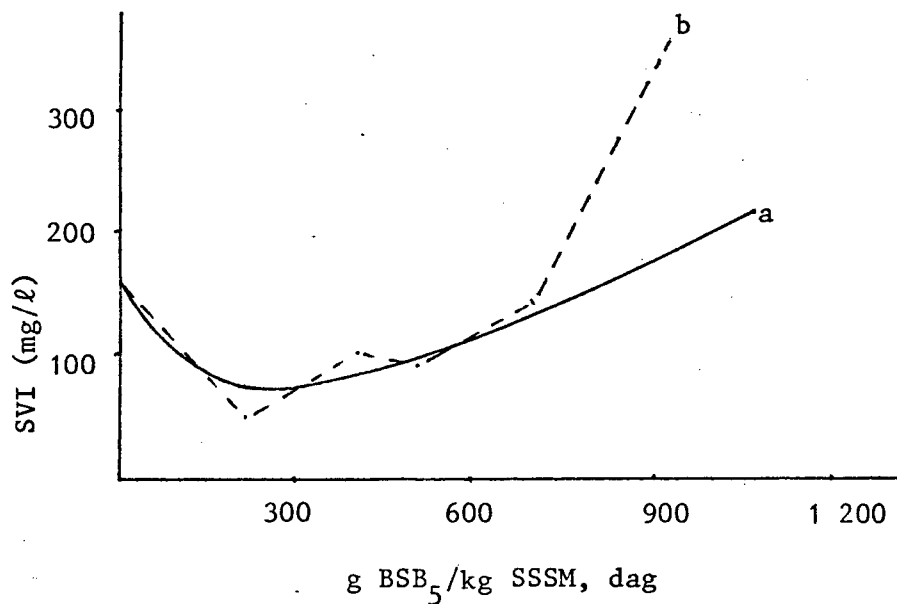
3.5 Skoklaste

'n Skielike verandering in die konsentrasie, samestelling of die vloeitempo van die toevoer word 'n skoklas genoem. Ruchoft en Kachmar⁶⁾ beskou die handhawing in die balans van kos:slyk: opgeloste stuurstof as baie belangrik in die sisteem. 'n Skielike verandering in die konsentrasie van enige van dié drie sal 'n steuring in die balans veroorsaak en sodoende 'n skok op die sisteem tot gevolg hê. Skoklaste kom gewoonlik voor waar nywerheidsuitvloeiels in die sisteem gelaat word.

3.6 Organiese lading

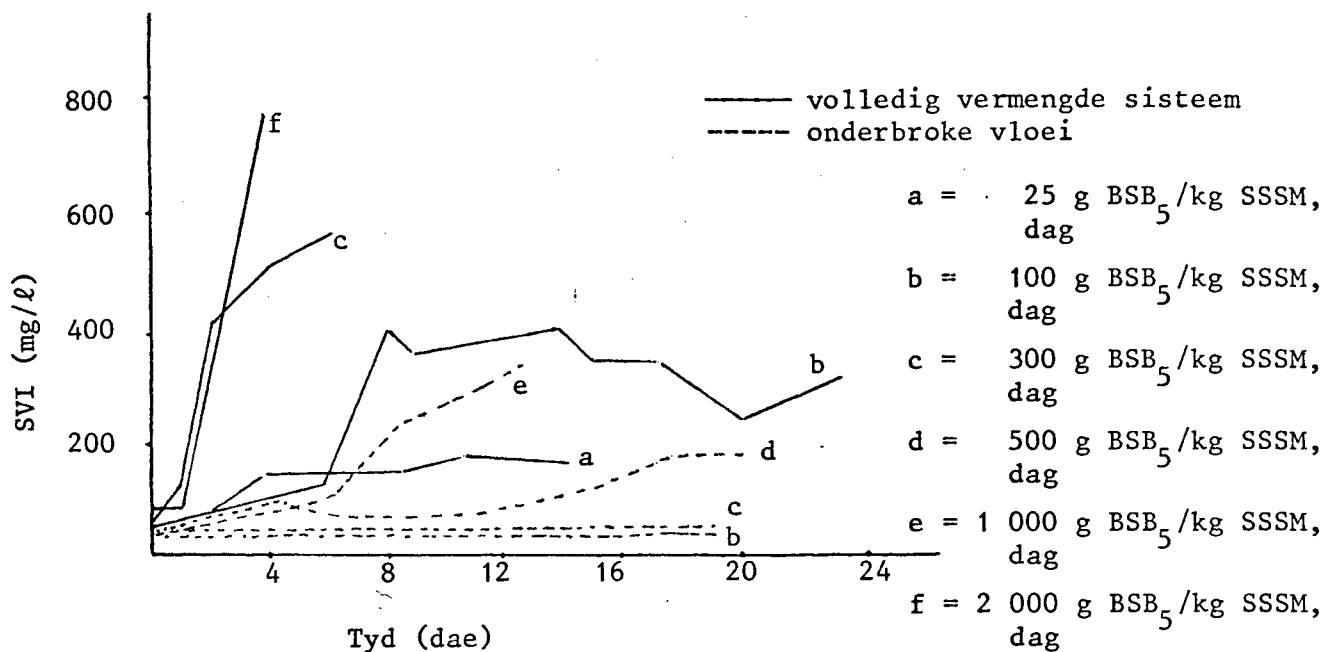
Die invloed van die organiese lading op slykuitdying is deur verskeie navorsers ondersoek¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾ en 'n verband is gevind tussen die SVI en die substraatverwyderingstempo.

Rensink¹²⁾ gee navorsingsresultate van Ford³⁰⁾ wat gedoen is op huishoudelike afvalwater en op brouery-afvalwater wat baie goed vergelyk met die algemene verband (sien Figuur 3.2).



Figuur 3.2¹²⁾: Verband tussen SVI en organiese lading vir huishoudelike afvalwater^{a)} en brouery-uitvloeisel^{b)}

Rensink¹²⁾ het ook ondersoek gedoen met verskillende ladings op volledig vermengde, propvloeï- en onderbrokevloei-sisteme. Hy het bevind dat met 'n hoër lading, slykuitdying baie vinniger plaasgevind het in die volledig vermengde sisteem as in die ander sisteme. Die resultate word in Figuur 3.3 getoon.



Figuur 3.3¹²⁾: Verband tussen SVI en ladings in twee sisteme
oor 'n periode van ± 20 dae

3.7 Temperatuur en pH

Ingols en Heukelekian²⁷⁾ het bevind dat hoe laer die temperatuur, hoe minder die neiging tot uitdying is. Daar is al baie waargeneem dat uitdying meer in die warm somermaande as in die kouer wintermaande voorkom¹⁵⁾. Die verhoging in temperatuur lei tot 'n verhoging in die opname van opgeloste suurstof. Dit verander weer die balans van kos:slyk:opgeloste stuurstof in die sisteem.

Brower en Giddis¹⁷⁾ het gevind dat filamentiese mikroörganismes in baie lae pH-gebiede steeds goed groei. Ruchoft en Kachmar⁶⁾ het bevind dat filamente tot by 'n pH van 9 ook goed groei.

3.8 Slyktoestand

Die kondisie, konsentrasie en die slykouderdom kan ook 'n bepalende rol by slykuitdying speel⁸⁾¹³⁾. Ingols en Heukelekian²⁷⁾ het bevind dat 'n goed geoksideerde slyk (langer R_s) baie minder tot uitdying sal neig as 'n swak geoksideerde slyk. Hulle het ook die invloed van slykkonsentrasie ondersoek. Navorsers se resultate⁷⁾ oor die invloed wat slykouderdom op slykuitdying het, is baie weersprekend. Dit is tog ondervind dat baie kort of baie lang slykouderdomme filamentiese groei tot gevolg het.

3.9 Filamentlengte

In filamenties uitdyende slyk kan 'n netwerk van filamentiese drade gevorm word soos die filamente uit die vlokke groei. Sezgin¹¹⁾²⁵⁾²⁶⁾ het ondersoek gedoen na die kritiese lengte van die filamente voordat slykuitdying plaasgevind het. Hy het die totale filamentlengte per volume slyk ondersoek en gevind dat 'n totale filamentlengte van $10^7 \mu\text{m}/\text{ml}$ die skeidslyn tussen filamenties uitdyende en nie-uitdyende makrostrukture is. Palm²⁰⁾ het ook gevind dat 'n verspreidende filamentlengte van ongeveer $10^7 \mu\text{m}/\text{ml}$ die skeidingslyn is.

Finstein en Heukelekian³¹⁾ verbind die besinkingseienskappe van geaktiveerde slyk met die verhouding van filamentoppervlakarea tot die totale vlok oppervlakarea. Pipes¹³⁾ rapporteer dat die SVI van 'n slykmonster direk proporsioneel is tot die aantal filamente in die slyk.

Krul³²⁾ het ook die invloed van filamentiese mikroörganismes op besinking ondersoek deur mengsels van mikroörganismes te gebruik.

3.10 Ander faktore

Anaerobiese of septiese toestande kan ook lei tot slykuitdying¹⁵⁾. In rioollyne waarin afsetting as gevolg van onvoldoende vloeisnelhede plaasvind, word die invloei septies. Die toestande kan lei tot die vorming van organiese sure en waterstofsulfied in die afvalwater wat filamentiese groei kan bevoordeel.

HOOFSTUK 4: REGSTELLING VAN UITDYENDE SLYK

4.1 Algemeen

In Hoofstuk 3 is die faktore wat slykuitdying tot gevolg het, beskryf. Slykuitdying is nie noodwendig die gevolg van 'n enkele faktor nie, maar faktore kan gesamentlik inwerk om uitdying te laat plaasvind. Ander faktore kan weer sekondêr wees tot die aanvanklike oorsaak van uitdying.

Wanneer daar gedink word aan die herstel van 'n uitdyende slyk, moet die oorsaak wat gelei het tot die probleem eerstens vasgestel word. Daarna kan besluit word op die toepaslike metode of metodes om die faktore wat filamentiese groei bevorder het, te beperk of reg te stel.

Dit is baie belangrik om die regstellende metodes so gou as moontlik toe te pas nadat tekens van uitdying waargeneem is.

4.2 Algemene waarnemings en toetse

4.2.1 Slykvolume-indekstoets

Die enigste eienskap van die slyk wat maklik in die praktyk gemeet kan word, is die SVI. Normale geaktiveerde slyk het 'n SVI van kleiner as 100 ml/g en tot 150 ml/g.

4.2.2 Toets vir pH en konsentrasie opgeloste suurstof

Die bepaling van die pH en die konsentrasie opgeloste suurstof in die reaktor kan maklik met behulp van meetapparate gedoen word.

4.2.3 Kondisie van die slyk

Nadat die slyk in die besinkingstoets besink het, sal 'n ervare persoon die gehalte van die slyk kan beoordeel. Wanneer die slykvlokke neig om soos watte saam te pak, is die moontlikheid baie groot dat filamente teenwoordig kan wees.

4.2.4 Mikroskopiese ondersoek

Alhoewel filamentiese mikroörganismes meestal in geaktiveerde slyk teenwoordig is, sal tekens soos filamentiese uitgroeiing uit die slykvlokkie en filament-tot-filament- en vlok-tot-filament-verbindings maklik onder die mikroskoop waargeneem kan word.

4.2.5 Identifisering van filamentiese mikroörganismes

Sykes³³⁾ beskou die identifisering van die filamente wat verantwoordelik was vir die uitdyingsprobleem as essensieel in enige ondersoek. Hy noem drie tipes filamente:

1. Sphaerotilus wat streng aerobies is en groei met alkohole, organiese sure en eenvoudige suikers as substraat.
2. Beggiatoa wat aerobies tot mikro-aerofilies is en groei op sulfiedes, asetate en glukose.
3. Thiothrix wat aerobies en autotrofies is en sulfiedes opneem.

Strom en Jenkins³⁴⁾ het deur van Eikelboom³⁵⁾ se sleuteldiagram gebruik te maak, vasgestel dat Sphaerotilus natans en tipes 1701 en 021 N geassosieer kan word met sisteme met 'n lae konsentrasie opgeloste suurstof vir 'n spesifieke organiese lading. Microthrix parvicella en tipes 0041, 0092 en 0581 kan weer geassosieer word met sisteme met lae kos:mikroörganisme-verhoudings.

Dit is nie altyd moontlik om die oorsaak só maklik vas te stel nie. Waar dit wel gedoen kan word, kan regstellende metodes in sekere gevalle vinnig toegepas word.

4.3 Faktore by die regstelling van uitdyende slyk

4.3.1 Voedingstowwe

Indien die oorsaak van slykuitdying 'n tekort aan voedingstowwe, byvoorbeeld stikstof en fosfor was, kan dit reggestel word deur die verhouding CSB:N:P reg te stel. In huishoudelike afvalwater

is die faktor gewoonlik nie 'n probleem nie. Dit kom veral by nywerheidsuitvloeiels voor.

4.3.2 Die konsentrasie opgeloste suurstof

Parker en Merril¹⁹⁾ en Palm²⁰⁾ het ondersoek gedoen na die invloed van die konsentrasie opgeloste suurstof op filamentiese groei en slykuitdying. Palm²⁰⁾ het 'n minimum konsentrasie opgeloste suurstof bepaal vir spesifieke ladingsgroottes.

In die belugtingsbak kan die konsentrasie opgeloste suurstof ook van plek tot plek verskil. Veral by die inlaat van die sisteem waar die suurstofaanvraag hoog is, kan die konsentrasie daal. Goeie vermenging en goeie belugting is dus noodsaaklik.

4.3.3 Byvoeging van chemiese stowwe

Die byvoeging van chemiese stowwe⁴⁾³⁶⁾³⁷⁾, byvoorbeeld chloor om filamentiese groei te onderdruk, is algemeen bekend. In baie gevalle waar van chemiese stowwe gebruik gemaak word, is die oorsaak van die uitdyingsprobleem nie vasgestel en reggestel nie. Daar kan dus verwag word dat 'n eenmalige byvoeging van sulke chemikalieë die slyk slegs tydelik sal herstel.

Sezgin¹⁰⁾ noem dat giftige stowwe soos kwik, kadmium en sink in die invloeiels filamente kan doodmaak. Die mikroörganismes wat die meeste blootgestel word, byvoorbeeld die uitgroeiende filamente uit die vlokke, word eerste gedood. Indien die gifstowwe in oormatige hoeveelhede voorkom of 'n oordosis chemikalieë toegevoeg word, kan die filamente sowel as die vlokvormende mikroörganismes gedood word. Byvoeging van chemiese stowwe moet eerder in klein hoeveelhede en oor 'n langer tydperk plaasvind.

Waterstofperoksied word ook gebruik om filamentiese groei te onderdruk³⁷⁾³⁸⁾. Positiewe resultate is verkry in 'n geaktiveerde slykproses waarin Sphaerotilus en Thiothrix as die filamentiese mikroörganismes geïdentifiseer is³⁸⁾. Ander stowwe wat filamentiese groei onderdruk⁴⁾, is silwernitraat en ystersulfaat. Matchè⁴⁾ het hipochloried-oplossings gebruik en goeie resultate gekry. Hy noem dat byvoeging van chloor die kwaliteit van die uitvloeiels verlaag het.

4.3.4 Beheer oor slykkonsentrasie

Heukelekian³⁹⁾ voer aan dat die konsentrasie slyk in die belugtingsbak (tydens uitdying) verminder moet word sodat die suurstofbehoefte en suurstofaanvraag kan verminder. Dit kan egter nie net so aanvaar word nie aangesien 'n tekort aan opgeloste suurstof nie noodwendig die oorsaak is nie. Wanneer die slykkonsentrasie verminder, sal die proseslading verhoog en dit kan weer 'n hoë SVI tot gevolg hê.

Pipes⁹⁾ noem dat die slykretoertempo verhoog kan word sodat die slyk wat in die besinktenk opgaar, makliker teruggepomp kan word na die belugtingsbak.

4.3.5 Vermeerdering van spesifieke gewig van die slykvlok

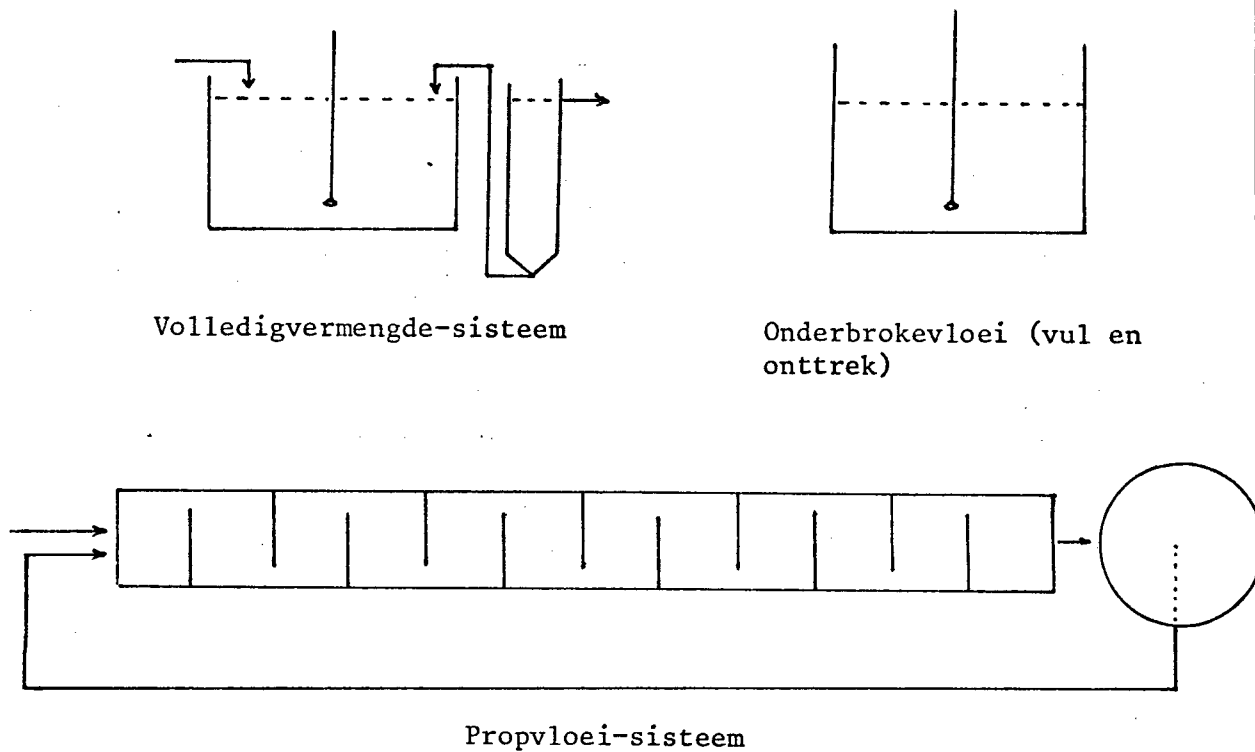
Die spesifieke gewig van die slykvlok het 'n groot invloed op die besinking en die besinksnelheid van die slyk. Wanneer filamente oorheersend raak, verminder die besinksnelheid van die slykvloke¹¹⁾²⁵⁾.

Matchè⁴⁾ noem dat die maklikste manier om die spesifieke gewig van die vlok te verhoog is om die primêre stowwe in die vlok te behou soos in sisteme sonder primêre besinking. Sulke sisteme word veral in Oostenryk aangetref en hulle ondervind min probleme met slykuitdying.

4.4 Die verskil tussen kontinuevloei, propvloei en onderbrokevloei in slykuitdying

Rensink¹²⁾ het eksperimentele werk gedoen met die drie sisteme van die geaktiveerde slykproses. Hy het sintetiese afvalwater wat in die laboratorium voorberei is as toevoer gebruik en die drie sisteme onder verskillende beladings getoets.

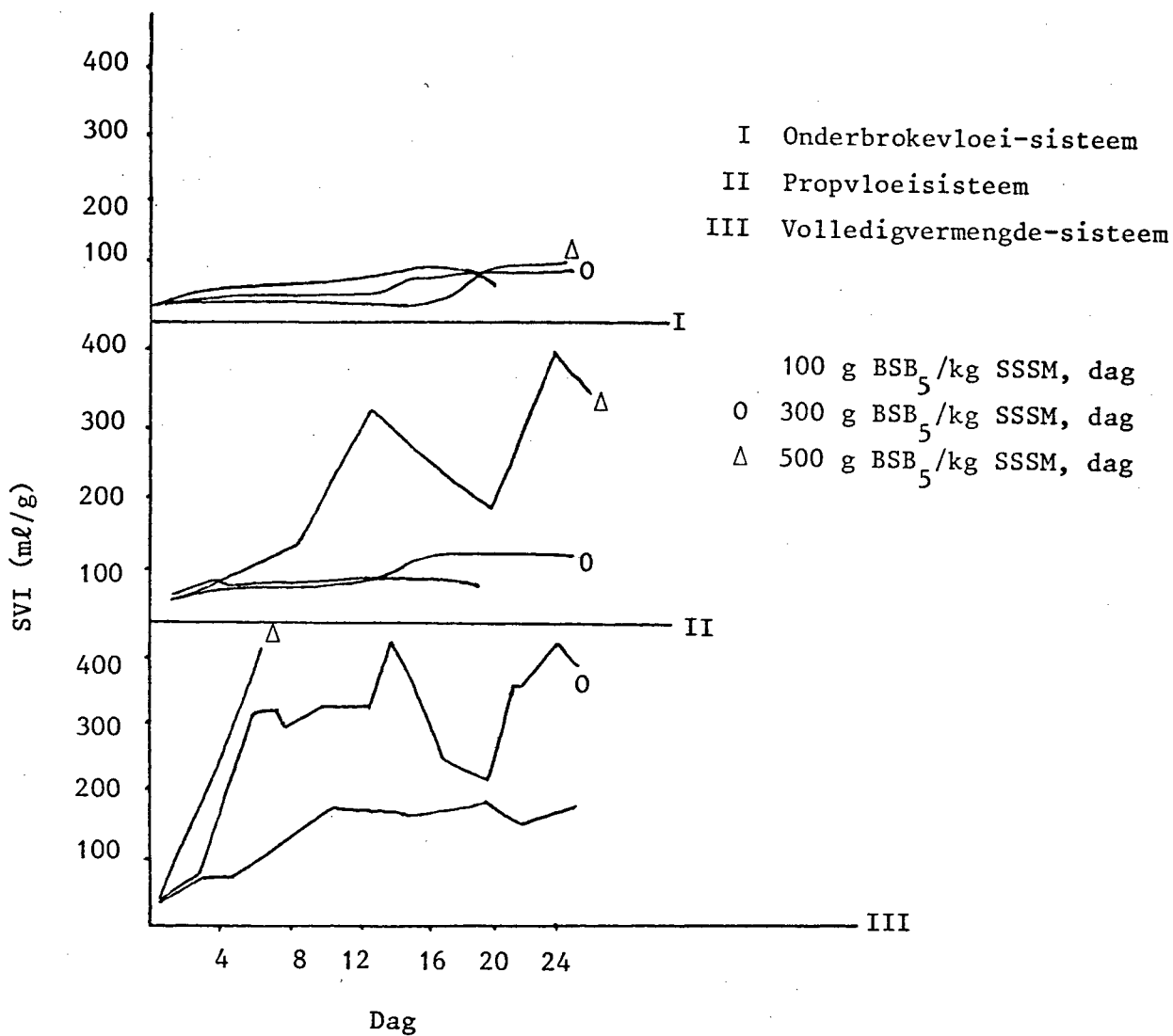
Hy het gevind dat by lae ladings die onderbrokevloei-sisteem baie min tekens van filamentiese groei getoon het. Soos die ladings verhoog is, het die onderbrokevloei-sisteem steeds min tekens van filamente getoon, terwyl die volledigvermengde-sisteem die meeste filamente getoon het.



Figuur 4.2¹²⁾: Geactiveerde slyksisteme in Rensink¹²⁾ se ondersoek

Slykuitdying het baie vinniger in die volledigvermengde-sisteem plaasgevind as in die onderbrokevloei-sisteem. In Figuur 4.3 word die SVI'e van die onderskeie sisteme met verskillende ladings getoon.

Die verskille in filamentiese groei in die drie sisteme kan toegeskryf word aan die substraatkonsentrasies wat die mikro-organismes in die sisteme omring. In die onderbrokevloei-sisteem is daar aanvanklik 'n hoë substraatkonsentrasie in die sisteem wat met tydsverloop daal. Die hoë substraatkonsentraie het 'n onderdrukkende uitwerking op die groei van filamente en gevolglik slykuitdying.



Figuur 4.3: Verband tussen SVI en ladings in drie sisteme
volgens Rensink¹²⁾

HOOFSTUK 5: FILAMENTIESE MIKROÖRGANISMES IN GEAKTIVEERDE SLYK

5.1 Algemeen

Die klassifikasie van filamentiese mikroörganismes wat in geaktiveerde slyk voorkom, het veral die aandag van Eikelboom³⁵⁾ geniet. Tesame met Eikelboom het Pipes⁹⁾ en Farquhar en Boyle¹⁵⁾ ook waardevolle werk gedoen om filamentiese mikroörganismes te identifiseer en te beskryf. Eikelboom³⁵⁾ het ses-en-twintig verskillende tipes filamente geïdentifiseer en hulle in sewe groepe verdeel. Die volgende kenmerkende eienskappe is gebruik om die filamente te klassifiseer:

1. Die teenwoordigheid of afwesigheid van 'n skede of slymlaag.
2. Glybewegings.
3. Vertakkings: vals of eg.
4. Die aard, lengte en vorm van die filament.
5. Die resultaat van die gramtoetskleuring.
6. Die diameter, lengte en vorm van die selle.
7. Die selinsluitings en samestelling van die insluitings.

Eikelboom³⁵⁾ het na sy ondersoek 'n sleuteldiagram opgestel van al die tipes filamente wat hy gevind het. Die sewe groepe waarin die filamente ingedeel is, met voorbeelde, is soos volg:

Groep 1: Skedevormende, gramnegatiewe bakterieë,
byvoorbeeld Sphaerotilus natans, tipes 1701, 1702, 0321.

Groep 2: Skedevormende, grampositiewe bakterieë,
byvoorbeeld tipes 0041, 0675, 1851.

Groep 3: Skedelose, gekromde, meersellige bakterieë,
byvoorbeeld tipe 021 N.

Groep 4: Dun kronklende bakterieë,
byvoorbeeld Microthrix parvicella (Pasveer (1969)²³⁾ rapporteer
E. coli filamente wat identies is met bogenoemde.)

Groep 5: Reguit meersellige gramnegatiewe bakterieë,
byvoorbeeld tipes 0803, 1091, 0092, 0961.

Groep 6: Filamente wat beweeg deur glybewegings,
byvoorbeeld Beggiatoa, tipes 0914, 1111, 1501.

Groep 7: Addisionele tipes,
byvoorbeeld tipes 1863, 0411 en fungi.

Aangesien die taksonomiese posisie van baie filamentiese mikro-organismes nog nie opgeklaar is nie, word verskeie filamente deur getalle benaam. Baie van bogenoemde filamente het sterk ooreenkoms met filamente wat reeds benaam is. 'n Voorbeeld is die filament Thiothrix²⁴⁾ wat ooreenkom met tipe 021 N van Eikelboom³⁵⁾.

In die volgende paragrafe word filamentiese mikroörganismes wat algemeen in geaktiveerde slyk voorkom van nader beskou. Die mees algemene filamentiese mikroörganismes, naamlik Sphaerotilus natans, word in meer besonderhede bespreek.

5.2 Sphaerotilus natans

Alhoewel dit bekend was dat daar verskillende filamentiese organismes in geaktiveerde slyk voorkom, is dit vroeër algemeen aanvaar dat Sphaerotilus natans vir die swak besinking van slyk verantwoordelik was. Gevolglik is deur die jare baie navorsing op dié tipe filament gedoen. In 1833 reeds het Kutzing⁴⁰⁾ aan hierdie bakterie sy naam gegee. Dit is beskryf as klein wit deeltjies wat soos watte saampak. Dit was eers baie later dat die ander tipes filamente die aandag van navorsers begin geniet het.

Aangesien Sphaerotilus die bekendste filament is, dog nie die algemeenste in slykuitdying nie, word die biologie daarvan kortliks bespreek.

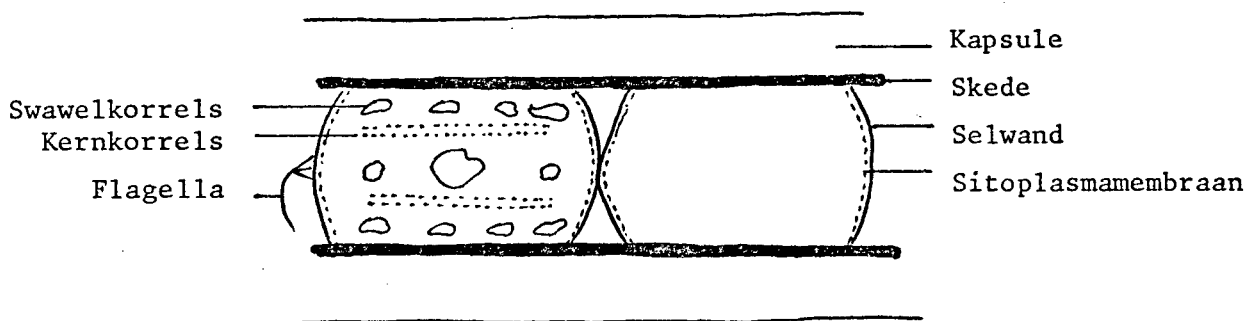
Die genus Sphaerotilus bestaan uit twee spesies, naamlik Sphaerotilus natans en Sphaerotilus discophorus. Bergey's Manual beskryf die genus Sphaerotilus as die organisme wat nie beweeglik is nie, vals vertakkings toon en gramnegatief is.

Die eienskappe van Sphaerotilus kan soos volg saamgevat word:

1. Dit kan groei in 'n pH-gebied van 6 tot 10.
2. Die temperatuur kan wissel tussen 5°C en 40°C.
3. Alhoewel hulle aerobiese mikroörganismes is, kan hulle in baie lae konsentrasies opgeloste suurstof groei (laer as 0,5 mg/ℓ).
4. Koolstofbronne soos glukose, galaktose, fuktose en sukrose bevorder groei.
5. Stikstofbronne is NH_4^+ -samestellings. Hulle gebruik ook ammoniak, nitrate en nitriete as stikstofbron.
- 6) Kalsium, magnesium, yster en fosfate is nodig vir groei.

Die fisiese kenmerke van Sphaerotilus natans is vals vertakkings, die selle is 1 - 2 μm in deursnee en 6 μm lank en dit het organiese stikstof vir groei nodig.

Volgens Phaup¹⁶⁾ kan die selle algemeen soos in Figuur 5.1 voorgestel word.



Figuur 5.1: Algemene voorstelling van Sphaerotilus-selle

Die kapsule is aan die buitekant en net daaronder lê die skede. Die skede hou al die selle ingeslote en bymekaar. Phaup¹⁶⁾ voer aan dat indien die sintese van die skede verhoed kan word sodat die selle los kan kom en vry kan rondbeweeg, Sphaerotilus nie probleme sal gee nie. Lang filamente wat besinking beïnvloed, sal derhalwe nie gevorm word nie.

Wanneer Sphaerotilus groei of voortplant, vind dit plaas deurdat verouderde filamente tot beweeglike swarmselle met flagella aanleiding gee. Hierdie swarmselle beweeg rond en heg later teen die kante van die groeiende filamente. Sodoende word vals vertakings gevorm.

5.3 Ander filamentiese mikroörganismes

Bacillus - Lackey en Wattie⁴¹⁾ en Pipes⁸⁾ het ondersoek hierop gedoen. Die filament kom baie ooreen met Sphaerotilus natans.

Thiothrix - Farguhar en Boyle¹⁵⁾ en Pipes⁸⁾ het ondersoek hierop gedoen. Sulfied is 'n beperkende faktor op die groei.

Beggiatoa - Dit kan kort filamente vorm en is baie beweeglik. Waterstofsulfied word geoksideer en swawel opgeberg.

Microthrix

parvicella - Pasveer²³⁾ het 'n organisme wat uitdying veroorsaak as 'n filamentiese *E. coli* geïdentifiseer. Pipes⁸⁾ en Eikelboom³⁵⁾ beweer dat die filament eerder die beskrywing van Microthrix parvicella pas.

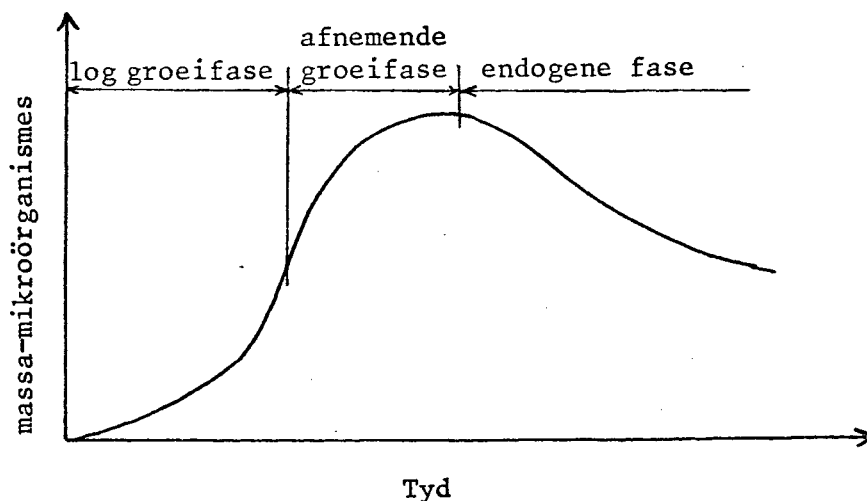
HOOFSTUK 6: DIE GROEI VAN MIKROËRGANISMES

6.1 Algemeen

Mikroörganismes volg 'n definitiewe patroon wanneer hulle in 'n medium groei. Bakterieë vermeerder deur middel van binêre splitsing. Dit is wanneer 'n sel in twee nuwe selle verdeel dat elk weer tot 'n volwasse stadium groei.

6.2 Groeifases

Die groeipatroon van die massa-mikroörganismes kan in drie fases verdeel word, naamlik die log groeifase, die afnemende of dalende groeifase en die endogene groeifase. Die groeipatroon van massa-mikroörganismes in 'n onderbroke proses word voorgestel soos in Figuur 6.1.



Figuur 6.1: Groeipatroon van mikroörganismes

Log groeifase:

Die log groeifase begin sodra die mikroörganismes met die substraat in aanraking kom.

Die organismes moet hulle eers by die omgewing aanpas voordat groei kan begin. Wanneer groei begin het, word dit alleenlik

beperk deur die mate waarin die mikroörganismes die substraat kan verwerk. Aan die einde van dié groeifase groei die organismes teen die maksimum tempo terwyl organiese materiaal ook teen die maksimum tempo uit die oplossing verwyder word.

Afnemende groeifase:

Wanneer die kos in die sisteem minder raak, tree die volgende fase, naamlik afnemende groeifase, in werking. Die konsentrasie kos vir die organismes word al hoe minder sodat die groei al stadiger word. Wanneer geen verdere groei plaasvind nie en die massas-organismes nie verder vermeerder nie, is die einde van dié groei-fase bereik.

Endogene fase:

Wanneer die konsentrasie kos 'n minimum bereik het, hou groei op en betree die organismes die endogene fase. Die konsentrasie organiese materiaal is nou in ewewig met die mikroörganismes. Die organismes kry nou hul kos deur middel van metabolisme van hul eie protoplasma.

6.3 Voedingstowwe

Die belangrikste voedingstowwe vir mikroörganismes is stikstof en fosfor. In rioolwater is daar gewoonlik genoeg voedingstowwe teenwoordig. Waar nywerheidsuitvloeiels behandel word, kan 'n tekort aan voedingstowwe voorkom en moet dit kunsmatig bygevoeg word. Mikroörganismes kan nie in die afwesigheid van voedingstowwe groei nie en lae konsentrasies sal die groei van bepaalde mikro-organismes bevoordeel.

6.4 Omgewingsaanpassing

Wanneer mikroörganismes in 'n spesifieke omgewing moet groei, vind daar 'n fundamentele verandering in hul basiese struktuur plaas. Indien die toestande rondom die organismes verander het, moet hulle hulle dus eers by die nuwe toestande aanpas.

Volgens Daigger en Grady⁴³⁾ is daar twee aspekte van mikrobiologiese aanpassing. Die eerste is fisiologiese aanpassing waar verandering in die biochemiese samestelling van die organisme plaasvind. Die tweede is die verandering van die hoeveelheid van die spesifieke organisme in die sisteem. Die tweede is gewoonlik 'n gevolg van die fisiologiese aanpassing en vind baie stadiger plaas.

Fisiologiese aanpassing sluit die volgende in:

1. Die verstelling van die aantal biochemiese komponente.
2. Die verstelling van die aantal van bepaalde ensieme in die sel.

Die aanpassing met die omgewing het die gevolg dat 'n bepaalde of bepaalde mikroörganismes hulle makliker by die nuwe toestande kan aanpas en sodoende oorheersend kan raak.

6.5 Substraatopname deur mikroörganismes

Die metaboliese aktiwiteite van 'n mikrobiologiese gemeenskap hang van die volgende af⁴⁴⁾:

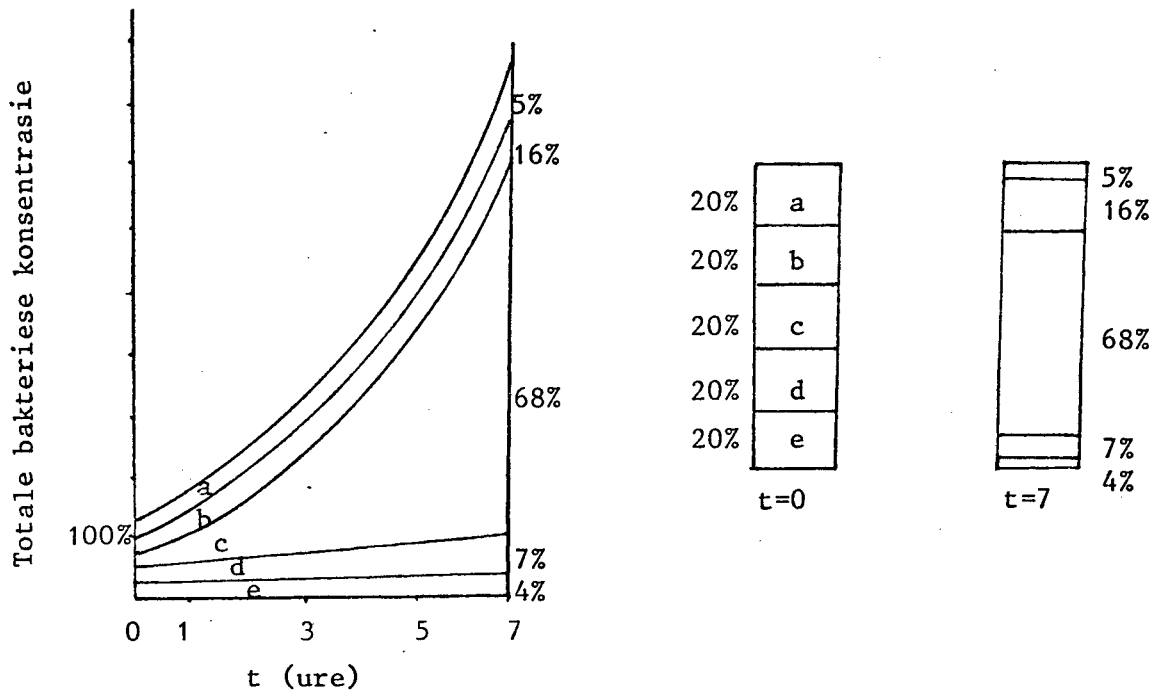
1. Die struktuur van die spesie in die gemeenskap en die verskuiwing van die struktuur.
2. Die fisiologiese reaksie/optrede van die individuele mikroörganismes teenoor 'n multisubstraatomgewing.
3. Die interaksie tussen die verskillende mikroörganismes in die sisteem.

Die totale metaboliese aktiwiteite van 'n mikrobiologiese ekosisteem is dus nie net die som van die fisiologiese aktiwiteite van die verskillende spesies wat op verskillende substrate reageer nie. Die opname van substrate kan gelyktydig of opeenvolgend plaasvind. Bepaalde samestellings in die sisteem kan ook verhoed

dat bepaalde voedingstowwe opgeneem word.

Stumm-Zollinger⁴⁴⁾ voer aan dat daar twee tipes regulerings-meganismes is wat fisiologies uitgeken kan word, naamlik ensiem-verhinderling en ensiemonderdrukking. Onderdrukking is wanner 'n substraat in die sisteem verhoed dat een ensiem 'n ander substraat verwerk. Verhinderling is wanneer 'n substraat verhinder dat 'n ensiem wat reeds gevorm het sy funksie verrig. Hierdie twee meganismes lei tot die opeenvolgende opname van substrate.

Stumm-Zollinger⁴⁴⁾ het 'n hipotese voorgestel van hoe spesies in 'n komplekse medium met tyd vermeerder (sien Figuur 6.2).



Figuur 6.2⁴⁴⁾: Verskuiwing in bakteriese samestelling met tyd

In bostaande figuur word daar begin met vyf verskillende bakterieë met dieselfde konsentrasie by tyd $t = 0$. Daar word aangeneem dat geen onderlinge interaksie tussen die mikroörganismes plaasvind nie. Na 'n tyd t sal die konsentrasie van bepaalde organismes baie verhoog terwyl ander dieselfde bly. Selektoring van mikroörganismes het dus plaasgevind deur die kompetisie om 'n substraat.

Veral by nywerheidsuitvloeiels waar die substraat meer spesifiek kan wees kan een tipe of meer organismes, wat daardie substraat die vinnigste en maklikste verwerk, oorheersend raak.

Sykes³³⁾ het bevind dat daar inslyk wat swak besink, afgesien van die filamente, ook groot hoeveelhede nie-filamentiese mikro-organismes teenwoordig kan wees. Daar bestaan nog steeds 'n kompetisie tussen die mikroörganismes en albei kan in die sisteem bly voortbestaan. Uit sy teorie van mikrobiologiese kompetisie het hy die volgende gevolgtrekking gemaak:

Twee kompeterende spesies mikroörganismes (byvoorbeeld filament-tipes en nie-filamenttipes) kan albei in groot getalle tesame voortbestaan alleenlik as hulle kineties deur verskillende voedingstowwe beperk word. Wanneer dieselfde voedingstof die beperking op albei organismes is, kan die stadiger groeiende organisme uit die sisteem verdwyn.

HOOFSTUK 7: NATUURLIKE SELEKTERING VAN MIKROÖRGANISMES DEUR DIE KOMPETISIE OM VOEDINGSTOWWE

7.1 Algemeen

Wanneer daar kompetisie tussen die mikroörganismes om die beskikbare voedingstowwe plaasvind, sal die mikroörganismes wat die voedingstowwe die maklikste kan bereik en die voedingstowwe die maklikste kan opneem en verwerk, die oorheersende organisme in die sisteem word. Faktore wat 'n rol speel, is die graad van beskikbaarheid van voedingstowwe aan die mikroörganismes, die tempo van opname en die vermoë van die mikroörganismes om weerstand teen ongunstige toestande te bied.

Pipes⁸⁾ behandel verskeie hipoteses waarom kompetisie tussen mikroörganismes plaasvind en gevolglik tot die oorheersing van sekere mikroörganismes kan lei.

7.2 Hipoteses oor die kompetisie van mikroörganismes

Die A/V-hipotese:

Die hipotese oor oppervlakarea-tot-volume-verhouding (A/V) word algemeen aanvaar. 'n Filament, wat gewoonlik baie dun en lank is, se A/V is groter as dié van 'n aantal selle by mekaar. Die filament word vanweë sy groot oppervlakarea baie meer aan die omgewing blootgestel. Daar is 'n groter area beskikbaar waardeur voedingstowwe opgeneem kan word.

Waar die beperkende groeifaktor in oplossing is, het die filament gevolglik 'n voordeel bo die vlokvormende organismes. Hierdie hipotese kan toegepas word in die kompetisie van alle voedingstowwe in oplossing.

Die hipotese oor selektiewe giftigheid:

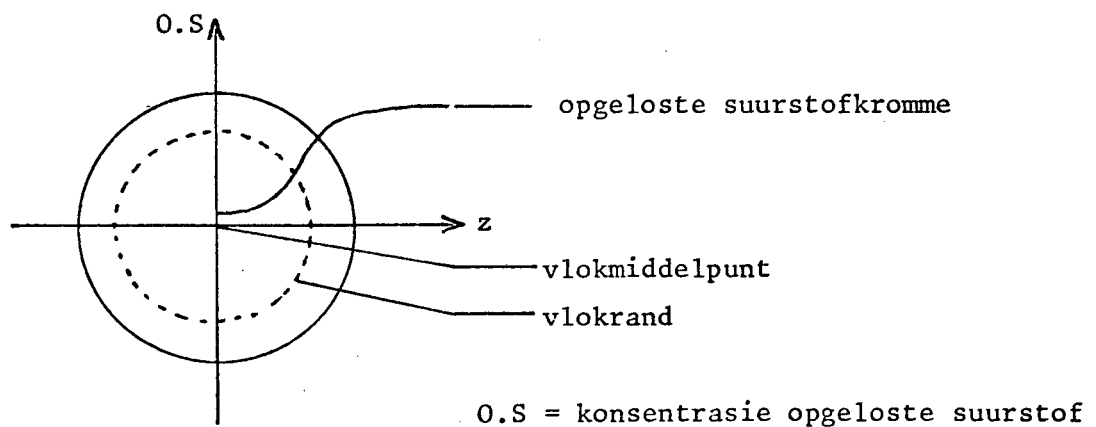
Daar word aangeneem dat sekere substrate meer inhiberend vir sekere mikroörganismes as vir ander is. So kan die waterstof-

ioon as meer inhibierend vir vlokvormende mikroörganismes as vir filamente beskou word. Filamente kan by 'n lae pH steeds groei. Onder anaerobiese toestande kan filamente ook langer weerstand bied as die vlokvormende mikroörganismes.

7.3 Kompetisie in die slykvlok

Wanneer filamente uit die slykvlok in die omgewing groei, moet daar kondisies wees in die vlok wat filamentiese groei bo dié van vlokvormende mikroörganismes bevorder het. In die vlok kan die substraat en voedingstowwe in verskillende konsentrasies op verskillende plekke voorkom. Die konsentrasie kan ook met tyd wissel.

Sezgin¹⁰⁾ verduidelik die kompetisie in die slykvlok aan die hand van die konsentrasie opgeloste suurstof in die vlok. In die geval word die opgeloste suurstof as die beperkende groeifaktor beskou. Die slykvlok met die verspreiding van die konsentrasie opgeloste suurstof word in Figuur 7.1 getoon.



Figuur 7.1: Verspreiding van konsentrasie opgeloste suurstof in 'n geaktiveerde slykvlok

In die figuur word getoon dat die konsentrasie opgeloste suurstof in die middel van die vlok baie laer is as by die rand. Dit is ook laer as die konsentrasie in die omliggende oplossing. Vanweë hierdie lae konsentrasie opgeloste suurstof in die kern van die vlok kan filamentiese groei bevorder word en kan filamente later uit die vlok groei. (Alhoewel die totale opgeloste suurstof in die sisteem baie hoër kan wees.)

7.4 Kompetisie om opgeloste suurstof in die sisteem

Indien die konsentrasie opgeloste suurstof in die sisteem daal, sal daar 'n kompetisie om die beskikbare suurstof tussen die mikroörganismes plaasvind. Wanneer hoë konsentrasies opgeloste organiese materiaal in die afvalwater teenwoordig is, het die mikroörganismes 'n hoër tempo van suurstofopname. Die totale konsentrasie opgeloste suurstof in die sisteem sal sodoende daal en die filamentiese mikroörganismes kan bevoordeel word in die kompetisie om die beskikbare opgeloste suurstof (volgens A/V-hipotese).

7.5 Kompetisie om stikstof en fosfor

Die stikstof en fosfor in die sisteem is ook aan die mikroörganismes in opgeloste vorm beskikbaar. Met die toepassing van die A/V-hipotese kan hier aanvaar word dat tydens tekorte aan stikstof en fosfor in die sisteem, dié stowwe makliker deur die filamente as deur die vlokvormende organismes opgeneem kan word. Wanneer daar voldoende hoeveelhede van hierdie stowwe in die sisteem voorkom, sal geen kompetisie om dié stowwe (waarin sekere mikroörganismes bevoordeel kan word) plaasvind nie.

7.6 Eienskappe van mikroörganismes by selektering

In die kompetisie om voedingstowwe tussen mikroörganismes is die eienskappe van die mikroörganismes, soos spesifieke groeitempo, die hoeveelheid protoplasma gesintetiseer per hoeveelheid voedingstof opgeneem, die vermoë om reserwevoedsel op te berg en die vermoë om weerstand teen ongunstige toestande te bied,

baie belangrik.

Die invloed van hierdie eienskappe op die selekteringsproses van mikroörganismes is nog nie heeltemal duidelik nie. Uit verskeie navorsing word die volgende gevolgtrekkings gemaak:

1. Filamentiese mikroörganismes het 'n laer groeitempo as vlokvormende mikroörganismes by hoë substraatkonsentrasies (Chudoba)²⁾³⁾.
2. Filamentiese mikroörganismes kan nie substraat vir latere gebruik opberg nie (Rensink)⁴⁵⁾.
3. Filamentiese mikroörganismes het 'n laer tempo van substraat-opname as die vlokvormende mikroörganismes (Houtmeyers)⁴⁶⁾.

7.7 Kinetiese teorie van mikroörganismes by selektering

Die populasiedinamika van 'n gemengde mikrobiologiese sisteem is 'n ingewikkelde proses wat nog nie ten volle verstaan word nie. Volgens Chudoba³⁾ is daar basies twee grondbeginsels in die selektering van mikroörganismes:

1. Die kinetiese beginsel van selektering wat direk verwant is aan substraatverwydering, metabolisme en selgroei.
2. Die mikrobiologiese interaksies.

Opgeloste organisiese substrate word deur die mikroörganismes gemetaboliseer. Die groeitempo van die organismes is algemeen afhanklik van die substraatsamestelling en die konsentrasie. Die Monod-vergelyking gee die verband tussen die groeitempo en die substraatkonsentrasie soos volg:

$$\mu = \mu \frac{S}{k_s + S}$$

waar μ (h^{-1}) die spesifieke groeitempo is

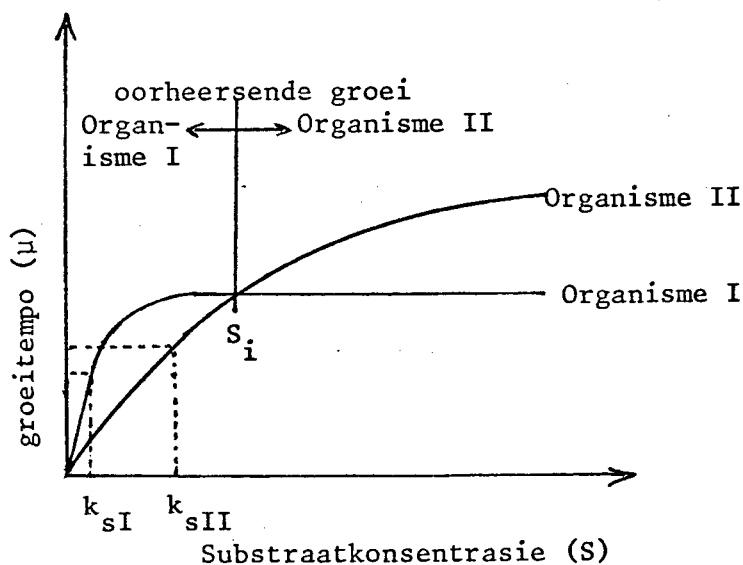
μ (h^{-1}) die maksimum groeitempo is

k_s ($mg\ell^{-1}$) die half-snelheid konstante, substraatkonsentrasie by $\mu/2$

S ($mg\ell^{-1}$) die konsentrasie van die groeibeperkende substraat is.

Die ontleding van bogenoemde vergelyking dui aan dat by hoë substraatkonsentrasies (dit wil sê $S \gg k_s$) die waarde van die spesifieke groeitempo grootliks bepaal word deur $\hat{\mu}$, die maksimum groeitempo. Indien die substraatkonsentrasie weer laag is (dit wil sê $S \ll k_s$) word die spesifieke groeitempo weer grootliks deur k_s , die half-snelheid konstante bepaal. Aangesien die groeikonstantes $\hat{\mu}$ en k_s verskillend vir verskillende mikroörganismes is, kan vermag word dat die substraatkonsentrasie en die substraatsamestelling twee faktore is wat 'n invloed op die populasiedinamika van 'n gemengde mikrobiologiese sisteem het. Daar is ook 'n verband tussen k_s en $\hat{\mu}$ sodat hoe hoër k_s is, hoe groter is $\hat{\mu}$. Die verband verskil vir verskillende substrate³⁾.

Gestel in 'n sisteem is daar net twee spesies mikroörganismes, naamlik organisme I en organisme II. Organisme I het groeikonstantes $\hat{\mu}_I$ en k_{sI} wat baie laer as dié van organisme II is. In Figuur 7.2 word die verband tussen die groeitempo en die substraatkonsentrasie vir die twee organismes voorgestel.



Figuur 7.2: Kompetierende organismes met verskillende groeieienskappe

By 'n laer substraatkonsentrasie is die groeitempo van organisme I baie hoër as dié van organisme II. Gevolglik kan die hoeveelheid van organisme I in die sisteem baie hoër as dié van organisme II

wees. By hoër substraatkonsentrasies sal organisme II weer 'n hoër groeitempo as organisme I hê sodat organisme II oorheersend in die sisteem kan wees. By 'n substraatkonsentrasie waar die lyne van organisme I en organisme II in Figuur 7.2 sny (S_i), sal albei organismes dieselfde groeitempo hê en die hoeveelheid van elk in die sisteem sal dieselfde wees. Volgens Chudoba³⁾ kan die substraatkonsentrasie S_i by dié punt soos volg bereken word:

$$S_i = \frac{k_{sI} \hat{\mu}_{II} - k_{sII} \hat{\mu}_I}{\hat{\mu}_I - \hat{\mu}_{II}}$$

Hieruit kan aangeneem word dat filamentiese mikroörganismes groei-eienskappe het soos organisme I in die figuur en vlokvormende mikroörganismes groei-eienskappe het soos organisme II. In 'n volledig vermengde reaktor wat 'n lae substraatkonsentrasie en 'n hoë effektiwiteit het, kan die filamentiese mikroörganismes oorheersend word.

7.8 Invloed van die substraat op die selekteringsproses

7.8.1 Substraatkonsentrasie

Uit die literatuur³⁾ en die kinetiese teorie van mikroörganismes by selektering is dit duidelik dat die substraatkonsentrasie 'n belangrike rol in die selekteringsproses speel.

In Matchè⁴⁾ se ondersoek is bevind dat 'n onderbroke toevoer 'n negatiewe invloed op die groei van filamente gehad het. Net na die toevoerperiode is die substraatkonsentrasie in die sisteem hoog waarna die konsentrasie tot en met die volgende voerperiode daal.

7.8.2 Substraatsamestelling

Die samestelling van die substraat wat die mikroörganismes omring is ook belangrik in die selekteringsproses. In die literatuur³³⁾ is verskeie voorbeelde van filamentiese mikroörganismes wat voorkeur aan sekere elemente in die substraat gee. Matchè⁴⁾ toon hoe baie die groeikonstantes $\hat{\mu}$ en k_s van mikroörganismes kan verskil by verskillende substrate, soos glukose, laktose en sukrose.

Die hoeveelheid opgeloste organiese materiaal het 'n invloed aangesien opgeloste organiese materiaal maklik deur filamentiese mikroörganismes opgeneem word. Volgens Sykes³³⁾ kan stowwe in die samestelling, wat 'n beperkende groeifaktor vir sekere mikroörganismes is, lei tot die selektering van die vinniger groeiende mikroörganisme.

Alhoewel die substraatsamestelling 'n invloed het, is dit steeds die konsentrasie van die stowwe in die samestelling wat belangrik is in die selekteringsproses.

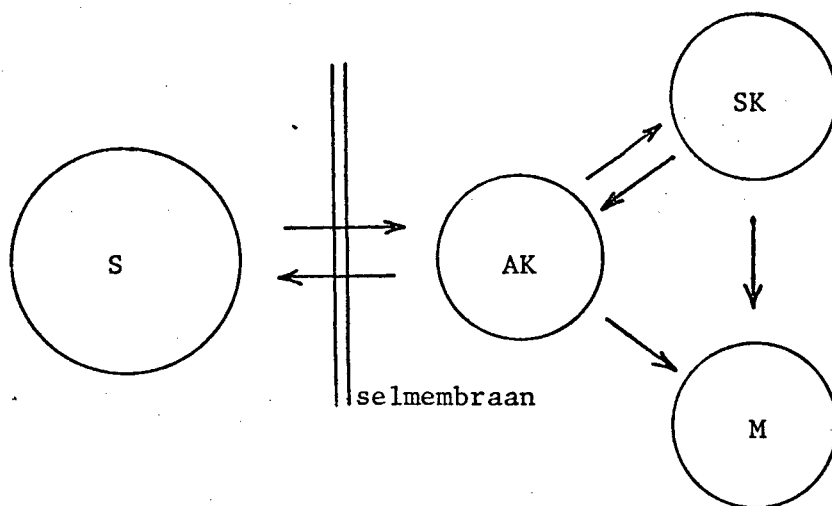
7.8.3 Substraatopnametempo

Die tempo van substraatopname, tesame met die metode van opname deur die mikroörganismes, kan tot gevolg hê dat die mikroörganisme met die hoogste tempo van opname die oorheersende organisme in die sisteem word. Houtmeyers⁴⁶⁾ beweer dat filamentiese mikroörganismes 'n laer tempo van substraatopname as vlokvermengde mikroörganismes het.

Die tempo van substraatopname is van die substraatsamestelling en die substraatkonsentrasie afhanklik. Met verwysing na Figuur 7.2 is die tempo van substraatopname van vlokvormende mikroörganismes by hoër substraatkonsentrasies groter as die tempo van opname van filamentiese mikroörganismes.

7.8.4 Substraatstoring en akkumulasie

Die vermoë of onvermoë om substraat op te berg of te akkumuleer het 'n invloed op die selektering van mikroörganismes. Chudoba⁴⁷⁾ het die opneem van substraat in die sel voorgestel soos in Figuur 7.3. Sy teorie is gebaseer op substraatakkumulasie, opberging en metabolisme. 'n Gedeelte van die substraat word omgewerk na opbergmateriaal en word deur die opbergkapasiteit aangedui. Die hoeveelheid materiaal wat in 'n eenheidsmassa van selle geakkumuleer kan word, word deur die akkumulasiekapasiteit aangedui.



S = Eksogene substraatkonsentrasie rondom 'n mikroörganisme

AK = Akkumulasiekapasiteit van 'n mikroörganisme

SK = Opbergkapasiteit van 'n mikroörganisme

M = Metabolisme van 'n mikroörganisme

Figuur 7.3: Skematiese voorstelling van akkumulasie en opberging van substraat in 'n sel

Die volgende word aangeneem⁴⁷⁾:

1. Die tempo van akkumulasie en opberging is verskillend.
2. Die maksimum akkumulasiekapasiteit en die tempo van versadiging is verskillend vir verskillende mikroörganismes.
3. Die beskikbare akkumulasiekapasiteit kan ook verander met regenerasie-tyd van die selle.

Chudoba⁴⁷⁾ beskou akkumulasiekapasiteit belangriker as opbergkapasiteit in die selektering van mikroörganismes. Die mikroörganismes met die hoogste akkumulasiekapasiteit en die hoogste tempo van akkumulasie sal die dominante organisme in die sisteem word. By lae eksogene substraatkonsentrasies is die tempo van akkumulasie nie hoog genoeg in vergelyking met die tempo van metabolisme van die substraat nie. Mikroörganismes met lae akkumulasiekapasiteite kan gevolglik in die meerderheid wees.

In 'n omgewing met 'n hoë substraatkonsentrasie sal mikroörganismes met lae akkumulasiekapasiteite wat nie die vermoë het om substraat op te berg nie, nie so goed groei as mikroörganismes met hoë akkumulasiekapasiteite en wel die vermoë het om substraat op te berg nie. Volgens Chudoba⁴⁷⁾ behoort filamentiese mikroörganismes tot die groep met lae akkumulasiekapasiteite.

HOOFSTUK 8: BESPREKING VAN CHUDоба ET AL²⁾³⁾ EN LEE ET AL¹⁾ SE
ONDERSOEKE NA DIE SELEKTERING VAN MIKROÖRGANISMES

8.1 Agtergrond van Chudoba et al se werk²⁾³⁾

Chudoba et al het ondersoek gedoen om die invloed van die graad van vermenging in die belugtingsbakke van 'n sisteem vas te stel. Die eerste ondersoek is gedoen op vier stelsels wat soos volg opgestel is:

1. Een 4 l-belugtingsbak met 'n besinktenk (∞)
2. Vier 1 l-belugtingsbakke met 'n besinktenk (1,06)
3. Agt 0,5 l-belugtingsbakke met 'n besinktenk (0,17)
4. Sestien 0,25 l-belugtingsbakke met 'n besinktenk (0,033).

Al vier die stelsels is gekarakteriseer deur die dispersiegetal (in hakkies) wat die graad van vermenging aandui. Die substraat konsentrasiegradiënt van elke stelsel is ondersoek deur die konsentrasie CSB in elke kompartement in die stelsel te meet.

In die tweede ondersoek is 'n reeks klein reaktore (seleksie-reaktore of seleksiekompartemente) voor die groter belugtingsbak soos volg opgestel:

5. Drie seleksiereaktore, elk 0,25 l, gevolg deur 'n belugtingsbak van 3,25 l. Totale volume 4 l.
6. Vyf seleksiereaktore, elk 0,15 l, gevolg deur 'n belugtingsbak van 3,25 l. Totale volume 4 l.

In die tweede ondersoek is klem gelê op die totale volume van die seleksiereaktore, die substraatgradiënte die dispersiegetal van die seleksiereaktore en die stelsel onderskeidelik.

8.2 Agtergrond van Lee et al¹⁾ se werk

Lee et al het die konfigurasie van seleksiereaktore ondersoek. Die ondersoek is gedoen met 'n lae kos: mikroörganisme-verhouding (0,3 g CSB verwyder/g TVSSM, dag) en 'n toevoerkonsentrasie van

750 mg CSB/ℓ. Al die stelsels is gekarakteriseer deur die verhouding van die volume van die totale belugtingsstelsel tot die volume van die eerste seleksiereaktor van die stelsel.

$$\frac{V_T}{V_i} = \text{Volumeverhouding van die stelsel}$$

Waar V_T = Volume van totale belugtingsstelsel

V_i = Volume van eerste seleksiereaktor

Die verskillende stelsels is soos volg opgestel met die volume-verhoudings in hakkies:

1. 40 ℓ-belugtingsbak, 1 kompartement (1)
2. 40 ℓ-belugtingsbak, 2 kompartemente, elk 20 ℓ (2)
3. 80 ℓ-belugtingsbak, 4 kompartemente, elk 20 ℓ (4)
4. 56 ℓ-belugtingsbak, 16 kompartemente, elk 3,5 ℓ (16)
5. 58 ℓ-belugtingsbak, 8 kompartemente, elk $\frac{1}{32}$ van die totale volume, gevolg deur 8 kompartemente, elk $\frac{1}{10}$ van die totale volume (32)
6. 58 ℓ-belugtingsbak, 2 kompartemente, elk $\frac{1}{14}$ van V_T , gevolg deur 6 kompartemente, elk $\frac{1}{32}$ van V_T , gevolg deur 8 kompartemente, elk $\frac{1}{10}$ van die totale volume. (74)

Daar is bevind dat stelsel 4 ($\frac{V_T}{V_i} = 16$) baie min voordele bo die kontrole in die voorkoming of herstel van uitdyende slyk getoon het. Stelsel 5 ($\frac{V_T}{V_i} = 32$) het uitdying verhoed maar kon nie 'n reeds uitdyende slyk na normale slyk herstel nie. Stelsel 6 ($\frac{V_T}{V_i} = 74$) is op 'n reeds uitdyende slyk toegepas en het verbasende goeie resultate gelewer. Die SVI het gedaal van 400 ml/g tot ongeveer 60 ml/g terwyl die kontrole steeds 'n hoë SVI gehad het.

Na die eerste reeks ondersoeke is die stelsels verander en na aanleiding van die resultate van stelsel 6 is 'n tweede ondersoek gedoen, met die volgende opstellings:

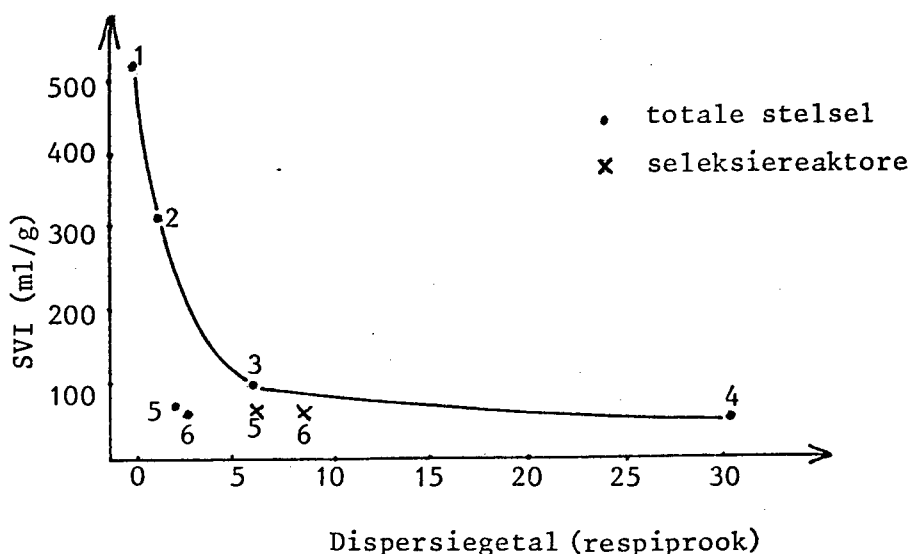
7. 42 ℓ-belugtingsbak, 2 kompartemente, elk $\frac{1}{64}$ van die totale volume, gevolg deur een groot kompartement (64)
8. Dieselfde as in stelsel 7, behalwe dat die eerste twee kompartemente anoksies was.

Weer eens is net soos in stelsel 6, baie goeie resultate verkry met stelsel 7 wat 'n hoë volumeverhouding gehad het ($\frac{V_T}{V_i} = 64$). Stelsel 8 het nie positiewe resultate gelewer nie.

8.3 Faktore van belang by die selektering van mikroörganismes (soos deur Chudoba et al²⁾³⁾ en Lee et al¹⁾ ondersoek)

8.3.1 Die dispersiegetal

Chudoba et al het in hulle ondersoek die graad van vermenging deur die dispersiegetal van die sisteem aangedui. Hoe meer kompartemente in die stelsels gebruik is, hoe laer was die dispersiegetal. Perfekte vermenging, soos met een kompartement in die volledig vermengde sisteem, het 'n dispersiegetal van oneindig, terwyl stelsel 4 (Chudoba et al) met 16 kompartemente 'n dispersiegetal van 0,033 gehad het. Die verband tussen die SVI en die resiprook van die dispersiegetal soos deur Chudoba et al gevind, word in Figuur 8.1 getoon.



Figuur 8.1: Verband tussen SVI en resiprook van dispersiegetal volgens Chudoba et al

Die dispersiegetal van stelsel 5 en stelsel 6 wyk baie af van die lyn soos in die figuur geskets. Die dispersiegetal van die seleksiereaktore (gemerk met X) in stelsels 4 en 6 lê

nader aan die lyn in die figuur. Weens die klein aantal toetse wat gedoen is, is dit foutief om hierdie verband net so te aanvaar.

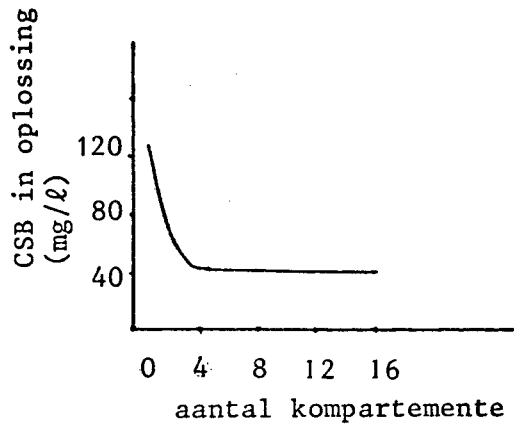
Lee et al kon geen verband in hulle ondersoek tussen die respirook van die dispersiegetal en die SVI kry nie. In stelsel 6 van hulle ondersoek was die dispersiegetal sonder hersirkulasie 0,088 en positiewe resultate is verkry. In stelsel 7 met net drie kompartemente was die dispersiegetal sonder hersirkulasie heelwat hoër, naamlik 1,523, terwyl positiewe resultate ook verkry is.

Volgens Tomlinson en Chambers¹⁸⁾ se ondersoek op 24 geaktiveerde slyk-aanlegte is ook bevind dat die dispersiegetal 'n invloed op die besinkingseienskappe van die slyk het. Aanlegte met 'n lae dispersiegetal en wat neig na ideale propvloei het beter besinkingseienskappe getoon as aanlegte met 'n hoër dispersiegetal. Rensink¹²⁾ se ondersoek (hoofstuk 4.4) het getoon dat met propvloei, dit wil sê 'n lae dispersiegetal, die SVI beter as in die volledig vermengde sisteem was.

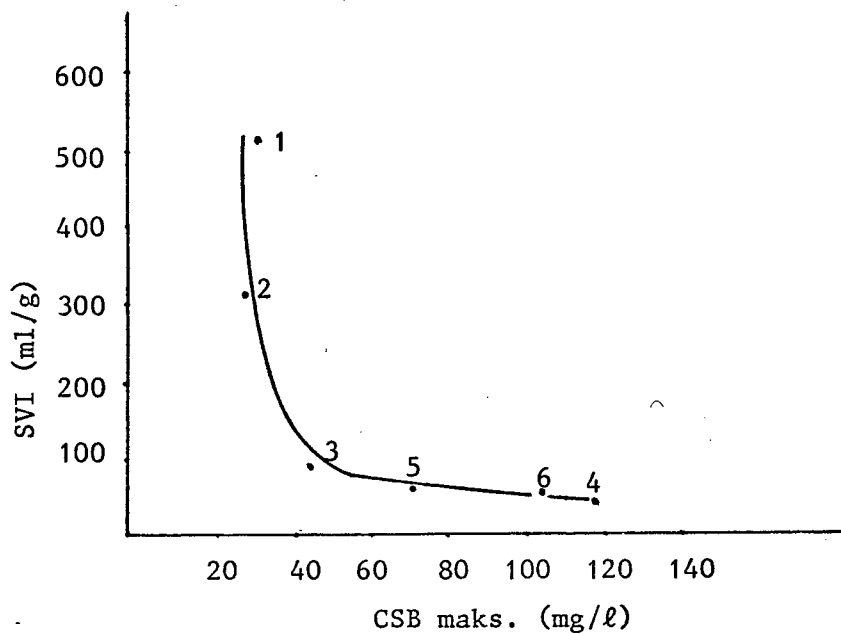
Daar kan gevolglik aangeneem word dat die dispersiegetal wel 'n invloed op die besinkingseienskappe van die slyk (Rensink¹²⁾, Tomlinson en Chambers¹⁸⁾) uitoefen, maar dat 'n lae dispersiegetal nie noodwendig in die selekteringsproses van mikroörganismes belangrik is nie.

8.3.2 Die substraatkonsentrasiegradiënt

Volgens Chudoba et al het die substraatkonsentrasiegradiënt in 'n stelsel 'n invloed op die samestelling van die mikroörganismes. In die stelsel met 'n hoë substraatkonsentrasiegradiënt (byvoorbeeld stelsel 4) is die beste resultate gevind. Die stelsel met 'n hoë substraatkonsentrasie in die eerste seleksiekompartement, het die groei van die filamentiese mikroörganismes onderdruk. Die resultate van Chudoba et al (stelsel 4) word in figuur 8.3 getoon.



Figuur 8.2: CSB gradiënt in stelsel 4 van Chudoba et al



Figuur 8.3: Verband tussen SVI en CSB maksimum volgens Chudoba et al

Lee et al het nie as sodanig die substraatkonsentrasiegradiënt van die stelsels in hulle werk ondersoek nie en beskou dit nie as die belangrikste faktor in die selektering van mikroörganismes nie. Desondanks is die beste resultate verkry met die stelsels waar die substraatkonsentrasie in die eerste seleksiereaktor hoog was.

Volgens die skrywer speel die substraatkonsentrasiegradiënt wel 'n rol in die selekteringsproses. Dit blyk egter dat hoe groot die gradiënt is of oor hoeveel kompartemente dit voorkom, nie

so belangrik is as om 'n hoë substraatkonsentrasie in die eerste seleksiereaktor te handhaaf nie.

8.3.3 Die getal kompartemente in die sisteem

Chudoba et al het beter resultate gekry hoe kleiner en hoe meer kompartemente in die stelsels gebruik is. Lee et al het ook met 'n reeks kompartemente gewerk (stelsel 4, met 16 kompartemente), maar het nie beter resultate gekry nie.

'n Reeks kompartemente neig meer na 'n propvloeisisteem, en daar is bevind (Rensink¹², hoofstuk 4.4) dat 'n propvloeisisteem laer SVI-waardes gee as die volledig vermengde sisteem. Die skrywer se mening is dat in 'n reeks kompartemente ander faktore ook 'n rol in die besinkingseienskappe van die slyk speel, en dat werklike selektering van mikroörganismes nie afhang van die getal kompartemente in die sisteem nie. In 'n reeks kompartemente waarin die substraatkonsentrasie in almal groter is as S_1 (verwys fig. 7.2), sal die groei van organisme II in almal bevoordeel word.

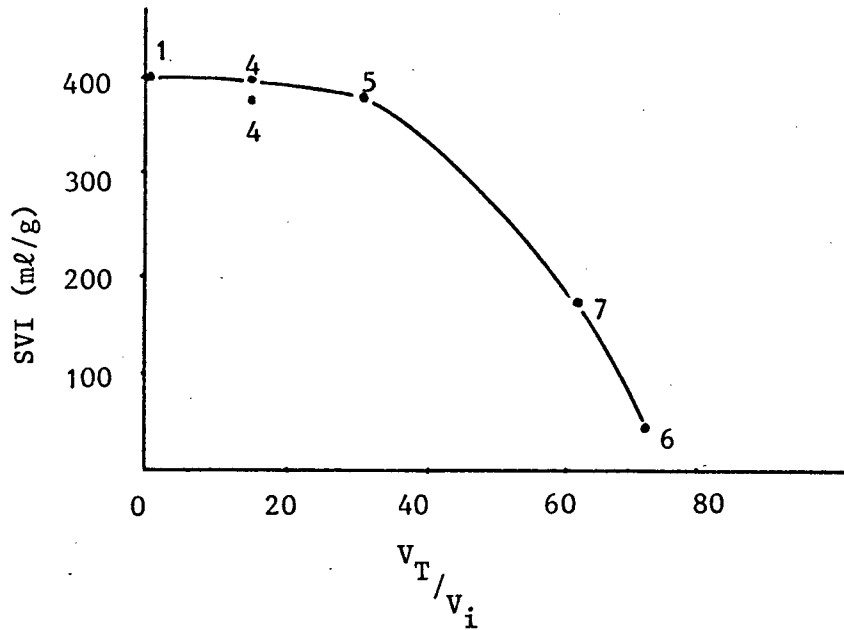
8.3.3 Die grootte van die eerste seleksiereaktor

Lee et al het in hulle ondersoek die verskillende stelsels gekarakteriseer deur die volumeverhouding V_T/V_i . Die volumeverhouding van die verskillende stelsels van Lee et al en Chudoba et al was soos volg:

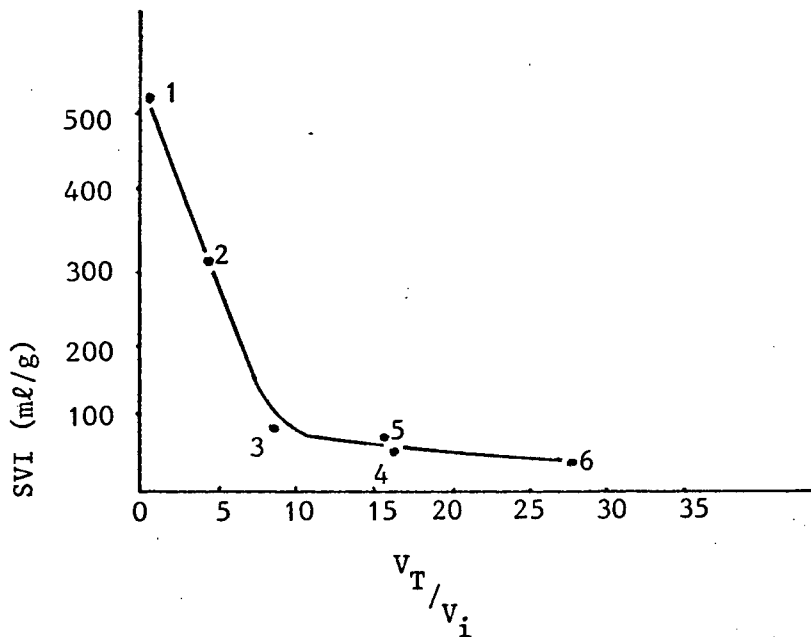
Lee et al		Chudoba et al	
Stelsel	V_T/V_i	Stelsel	V_T/V_i
1	1	1	1
4	16	2	4
5	32	3	8
6	74	4	16
7	64	5	16
		6	27

Tabel 8.1: Volumeverhoudings in die stelsels van Lee et al en Chudoba et al

Die verband tussen SVI en V_T/V_i van die stelsels in Chudoba et al en Lee et al se werk word in Figuur 8.4 en Figuur 8.5 getoon.



Figuur 8.4: Verband tussen SVI en V_T/V_i volgens Lee et al



Figuur 8.5: Verband tussen SVI en V_T/V_i volgens Chudoba et al

Dit is baie moeilik om uit bostaande twee figure 'n algemene gevolgtrekking te maak. Die eerste grafiek (Figuur 8.4) toon 'n baie stadiger daling in die SVI teenoor groter V_T/V_i as in

die tweede grafiek. In Figuur 8.4 word 'n noemenswaardige daling in die SVI eers by $V_T/V_i > 60$ gevind. In Figuur 8.5 word 'n daling in die SVI alreeds by $V_T/V_i > 10$ gevind. Wat albei grafieke gemeen het is dat 'n groter V_T/V_i 'n laer SVI toon.

Met die beoordeling van die twee grafieke en die SVI'e moet die slykouderdrom en die tyd wat verloop het tot die bepaalde SVI (soos gerapporteer) ook in ag geneem word. Chudoba et al rapporteer in hulle ondersoek net gemiddelde waardes van die SVI (na ongeveer 10 slykouderdromme), terwyl Lee et al die wisseling van die SVI gedurende elke ondersoek rapporteer. Die verband soos in Figuur 8.4 van Lee et al word na aanleiding hiervan bo Figuur 8.5 aanvaar.

8.3.5 Die retensietyd in die eerste seleksiereaktor

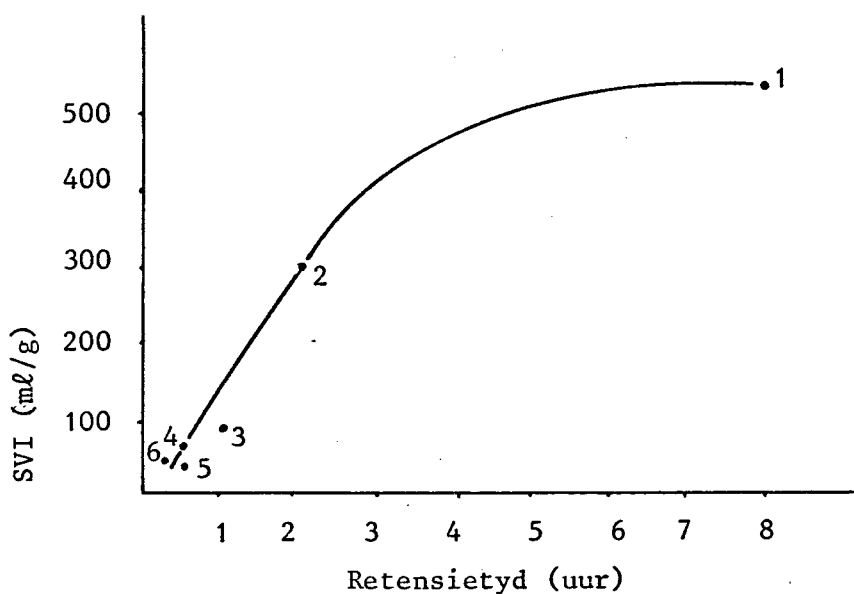
Die hidrouliese retensietyd in die eerste seleksiereaktor (R_i) is uitgewerk volgens die toevoervloei en die volume van die eerste seleksiereaktor. Die retensietye van die verskillende stelsels van Lee et al en Chudoba et al was soos volg:

Lee et al		Chudoba et al	
Stelsel	R_i	Stelsel	R_i
1	19 uur	1	8 uur
4	67,50 min	2	2 uur
5	35,58 min	3	60 min
6	16,22 min	4	30 min
7	19,68 min	5	30 min
		6	18 min

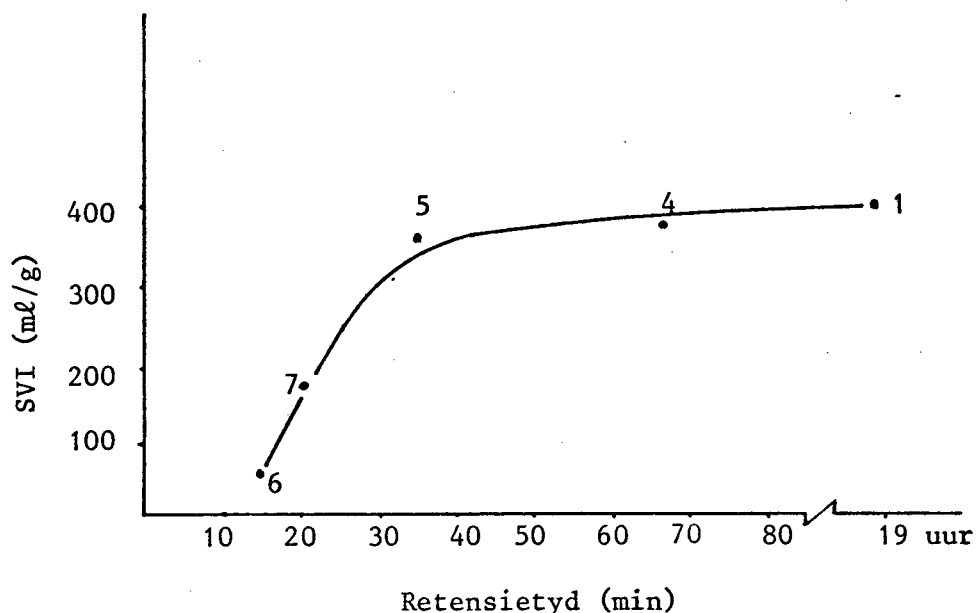
Tabel 8.2: Retensietye in die eerste seleksiereaktor in die stelsels van Lee et al en Chudoba et al

Alhoewel die ladings in Chudoba et al se ondersoek, soos aangegee in $\text{kg CSB m}^{-3} \text{ dag}^{-1}$, in al die stelsels dieselfde was, het die ladings soos aangegee in $\text{kg CSB (kg VSSM.dag)}^{-1}$ verskille getoon. In stelsels 1, 2, 3 en 4 was die ladings onderskeidelik 1,11; 0,65; 0,73 en 0,69 $\text{kg CSB (kg VSSM.dag)}^{-1}$. Die ladingsgroottes het in stelsels 2, 3 en 4 min verskil. Die verband tussen SVI (soos gerapporteer) en die retensietyd in die eerste seleksiereaktor, volgens Chudoba et al se werk, word in Figuur 8.6 getoon.

In Lee et al se ondersoek is in al die stelsels 'n kos: mikro-organisme (F/M)-verhouding van 0,3 tot 0,31 $\text{g CSB verwyder/g TVSSM, dag gebruik}$. Die verband tussen die SVI en die retensietyd in die eerste seleksiereaktor, volgens Lee et al se ondersoek, word in Figuur 8.7 getoon.



Figuur 8.6: Verband tussen SVI en R_1 volgens Chudoba et al



Figuur 8.7: Verband tussen SVI en R_1 volgens Lee et al

In bostaande twee figure word naastenby dieselfde verband tussen SVI en retensietyd gekry. Hoe laer die retensietyd in die eerste seleksiereaktor was, hoe laer was die SVI van die stelsel. Dit blyk dat retensietye in die eerste seleksiereaktor van kleiner as 30 minute (tussen 10 en 20 minute) wel 'n invloed op die selektering van mikroörganismes het.

8.3.6 Die kos: mikroörganismes in die eerste seleksiereaktor

Volgens Lee et al oefen die kos: mikroörganismes (F/M) in die eerste seleksiereaktor 'n groot invloed op die selektering van mikroörganismes uit. Die verhouding word soos volg gedefinieer:

$$F/M = \frac{\text{Totale CSB}_{\text{in}} \text{ (g/dag)} - \text{Opgeloste CSB}_{\text{uit}} \text{ (g/dag)}}{\text{TVSSM (g)}}$$

waar CSB_{in} = CSB in toevoer

CSB_{uit} = CSB in uitvloeisel

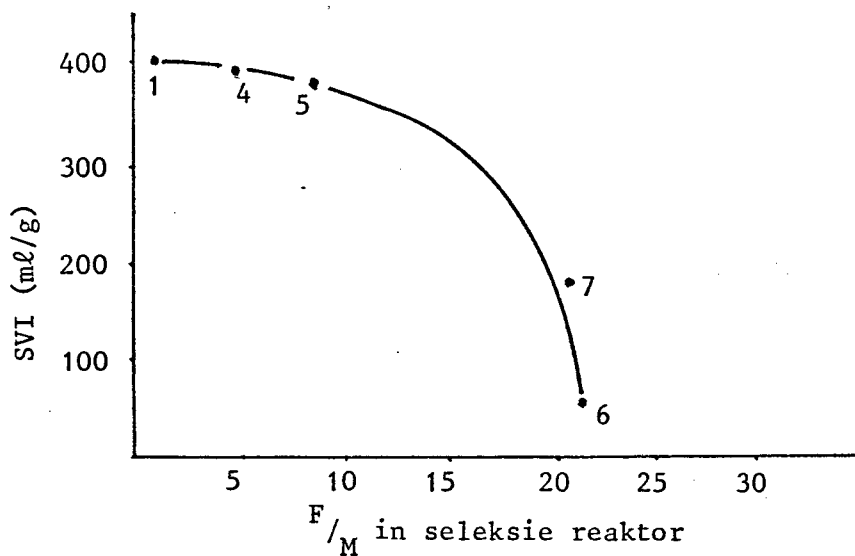
TVSSM = belugtingsbak VSS (g) + besinktenk VSS (g)

Die F/M -waardes in die eerste seleksiereaktor van die verskillende stelsels van Lee et al en Chudoba et al was soos volg:

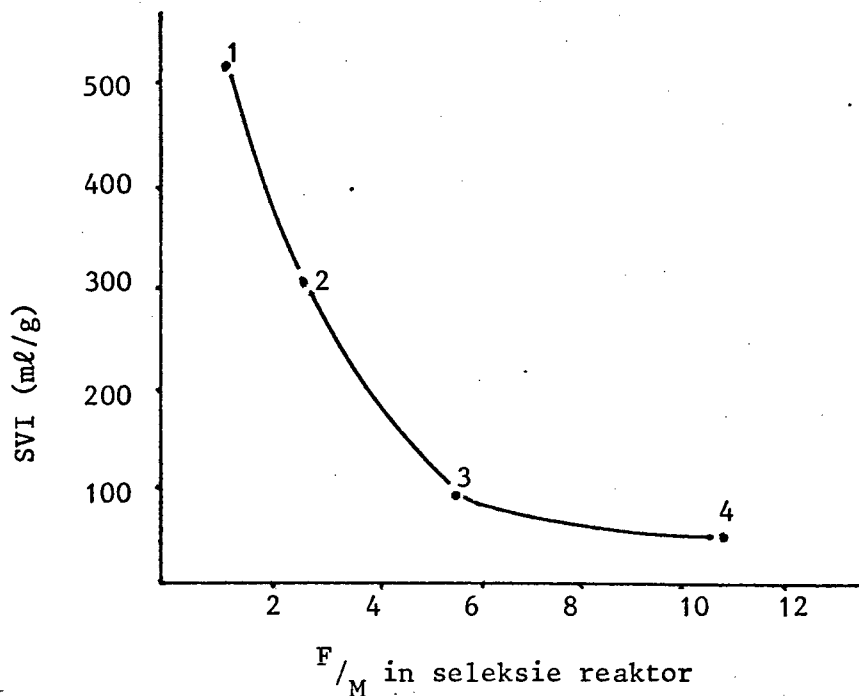
Lee et al		Chudoba et al	
Stelsel	F/M ($\frac{\text{g CSB verwyder}}{\text{g TVSSM, dag}}$)	Stelsel	F/M ($\frac{\text{g CSB verwyder}}{\text{g TVSSM, dag}}$)
1	0,30	1	1,1
4	5,0	2	2,5
5	8,0	3	5,4
6	22,0	4	8,8
7	21,0		

Tabel 8.3: F/M -verhoudings in die eerste seleksiereaktor in die stelsels van Lee et al en Chudoba et al

Die verband tussen die SVI (soos gerapporteer) en die F/M in die eerste seleksiereaktor, volgens Lee et al en Chudoba et al se ondersoek, word aangedui soos in Figuur 8.8 en Figuur 8.9.



Figuur 8.8: Verband tussen SVI en F/M in seleksiereaktor volgens Lee et al

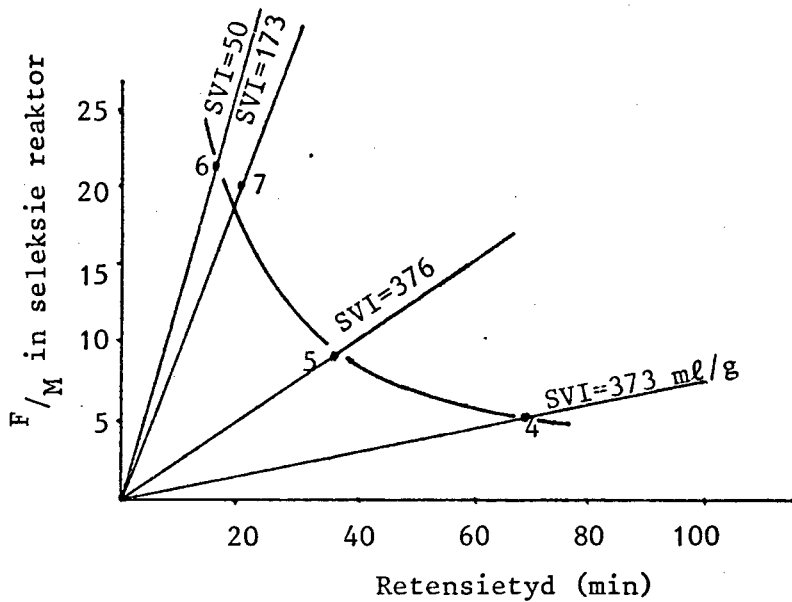


Figuur 8.9: Verband tussen SVI en F/M in seleksiereaktor volgens Chudoba et al

Uit albei figure kan die gevolgtrekking gemaak word dat met 'n hoër F/M in die eerste seleksiereaktor, beter resultate van die SVI verkry word. Die verskil in die verband tussen SVI en F/M (in die eerste seleksiereaktor) in bostaande twee figure is dieselfde as die verskil in die verband tussen SVI en V_T/V_i (Figure 8.4 en 8.5). Figuur 8.8 toon 'n baie stadiger daling in die SVI met verhoging van die F/M as in Figuur 8.9. Daar moet weer eens beklemtoon word dat Chudoba et al slegs finale waardes van SVI rapporteer en die tydsduur van hul ondersoek baie lank was in vergelyking met die slykouderdorm. Hiervolgens is die verband uit Lee et al se werk meer aanvaarbaar.

Hoe hoër die F/M in die eerste seleksiereaktor was, hoe korter was die retensietyd en gevolglik hoe laer was die SVI.

In 'n kompartement met 'n hoër F/M en 'n kort retensietyd, sal die mikroörganismes wat in daardie kort tyd die vinnigste tempo van opname het, die oorheersende mikroörganismes in die kompartement word. Volgens Houtmeyers⁴⁶⁾ het vlokvormende



Figuur 8.10: Verband tussen $(F/M)_i$ en R_i in seleksiereaktor volgens Lee et al

mikroörganismes 'n hoër tempo van substraatopname as filamentiese mikroörganismes. Die verband tussen F/M en die retensietyd kan na aanleiding van bogenoemde as belangrik beskou word in die selekteringsproses van mikroörganismes.

8.3.7 Die slykretoertempo

Beide Chudoba et al en Lee et al het met 'n slykretoertempo van 1 tot 1 gewerk. Die invloed van verskillende retoertempo's is gevolglik nie ondersoek nie. Die skrywer is van mening dat die slykretoertempo meer 'n sekondêre rol in die selekteringsproses speel. Volgens Eikelboom⁴⁸⁾ moet daar 'n optimum slykretoertempo wees.

8.3.8 Die tydsduur vir volledige selektering van mikroörganismes

Chudoba et al, wat met slykouderdomme van 3 dae tot 4,5 dae gewerk het, het resultate eers na ongeveer 30 dae gekry. In die tweede ondersoek (stelsel 5 en 6) word volledige selektering van mikroörganismes eers na onderskeidelik 74 dae en 63 dae gerapporteer.

Lee et al, wat met slykouderdomme van 12 dae tot 15 dae gewerk het, rapporteer volledige seleksie van mikroörganismes na ongeveer 30 dae.

Wanneer die getal slykouderdomme vergelyk word in bogenoemde ondersoeke waarin volledige seleksie van mikroörganismes plaasgevind het, word gevind dat Lee et al na ongeveer twee slykouderdomme volledige seleksie rapporteer terwyl Chudoba et al eers na baie meer slykouderdomme selektering van die mikroörganismes waargeneem het.

Die vraag ontstaan nou oor hoe lank die tydperk moet wees voordat volledige selektering van mikroörganismes gevind word. Volgens die skrywer is die ooglopendste antwoord hierop dat die tydsduur van selektering 'n verband met die slykouderdom van die sisteem moet hê.

In 'n sisteem met 'n slykouderdom van 12 dae kan teoreties verwag word dat na een slykouderdomnuwe of vars slyk in die sisteem moet wees. (Oor 12 dae word daaglik $\frac{1}{12}$ van die slykvolume onttrek terwyl dieselfde hoeveelheid slyk geproduseer word.) Indien seleksie van mikroörganismes op 'n sisteem met 'n slykouderdom van 12 dae toegepas word, word daar teoreties verwag dat tekens van selektering alreeds na 12 dae (een slykouderdom) waargeneem sal kan word. Die skrywer se mening is dat volledige selektering in so 'n sisteem baie duidelik waarneembaar behoort te wees na ongeveer 24 dae of twee slykouderdomme.

In Chudoba et al se ondersoeke was die tydsduur vir selektering groter as 10 slykouderdomme voordat resultate gerapporteer is. Uit Lee et al se resultate is die tydsduur tot volledige selektering ongeveer twee slykouderdomme. In stelsel 6 (slykouderdom 12 dae) was selektering van mikroörganismes na 10 dae reeds waarneembaar en na ongeveer 25 dae het volledige selektering plaasgevind. Dieselfde is waargeneem in stelsel 7.

Die gevolgtrekking kan gemaak word dat indien 2 of 3 slyk-ouderdomme verloop sonder dat selektering van mikroörganismes plaasvind of waarneembaar is, daar ander faktore is wat die seleksieproses verhoed het of nadelig beïnvloed het.

8.3.9 Die veranderlike konsentrasie substraat rondom die mikroörganismes deur die sisteem

Aangesien die slyk/mikroörganismes die hooffaktor in die selekteringsproses is, word die toestand rondom die slyk soos dit deur die sisteem sirkuleer ook beskou. Dit is per slot van sake die organismes in die slyk wat geselekteer moet word.

Beskou vervolgens stelsel 5 (16 kompartemente) en stelsel 7 (3 kompartemente) in Lee et al se ondersoek. Die werklike retensietyd van die slyk in die verskillende kompartemente word soos volg bereken:

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{toevoer}} + Q_{\text{retoer}} \quad (\text{slykretoer 1:1})$$

Retensietyd van die slyk:

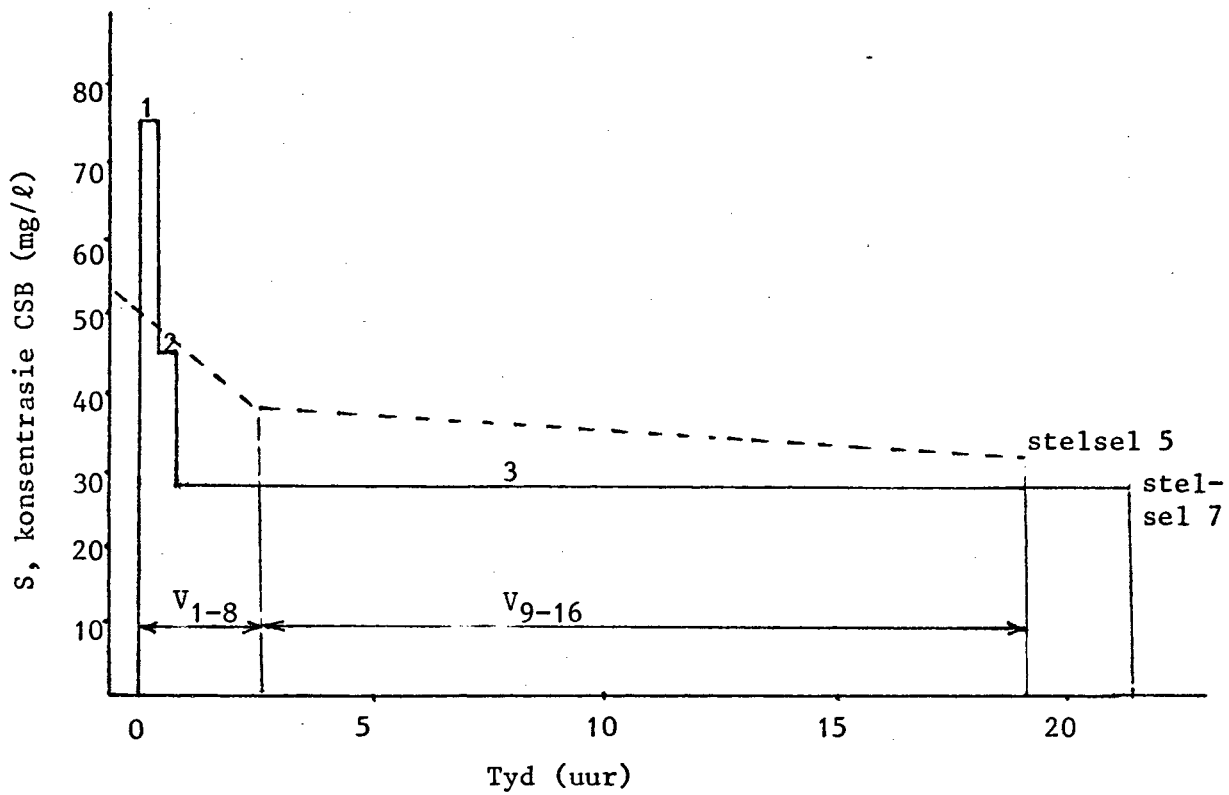
$$R_j = \frac{V_j}{Q_{\text{totaal}}}$$

Stelsel 5:	$V_{1-8} = 1,813 \ell$	$V_{9-16} = 5,438 \ell$
	$R_{1-8} = 17,82 \text{ min}$	$R_{9-16} = 53,45 \text{ min}$
	$S_1 = 53 \text{ mg CSB}/\ell$	$S_{16} = 32 \text{ mg CSB}/\ell$

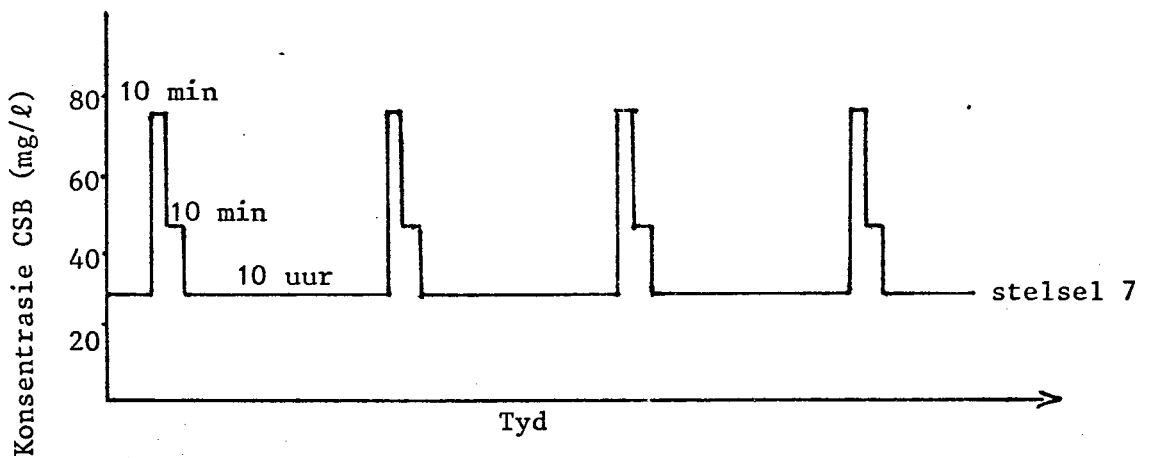
Stelsel 7:	$V_{1-2} = 0,656 \ell$	$V_3 = 40,87 \ell$
	$R_{1-2} = 9,84 \text{ min}$	$R_3 = 10,17 \text{ uur}$
	$S_1 = 75 \text{ mg CSB}/\ell$	$S_3 = 28 \text{ mg CSB}/\ell$

Neem aan dat in stelsel 7: $S_2 = 45 \text{ mg CSB}/\ell$.

In Figuur 8.11 word die veranderlike substraatkonsentrasie rondom die slyk in die twee stelsels onder bespreking getoon. In Figuur 8.12 word die wisseling van die omringende konsentrasie oor 'n langer periode aangedui.



Figuur 8.11: Wisselende substraatconcentrasie rondom slyk in een sirkulasie



Figuur 8.12: Wisselende substraatconcentrasie waaraan slyk blootgestel word

Aangesien stelsel 7 'n reeds uitdyende slyk kon herstel terwyl stelsel 5 dit nie kon doen nie, kan aanvaar word dat die veranderlike konsentrasie rondom die mikroörganismes ook bydra tot die selekteringsproses.

Matchè⁴⁾ noem dat in 'n ondersoek waarin 'n seleksiereaktor (ook genoem kontakbak) met $V_T/V_i = 21$ gebruik is en die retensie-tyd in die kontakbak 10 - 12 minute was, positiewe resultate verkry is om slykuitdying te herstel.

Die kort kontaktyd (by 'n hoë substraatkonsentrasie) in die seleksiereaktor het tot gevolg dat mikroörganismes wat die substraat teen 'n vinnige tempo opneem en die vermoë het om die substraat op te berg, daarna in die groot belugtingstenk steeds goed groei deur die opgebergde materiaal te verwerk. Sodoende kan die vlokvormende mikroörganismes oorheersend in die sisteem bly voortbestaan. Rensink⁴⁵⁾ se stelling dat filamentiese mikroörganismes nie die vermoë het om substraat vir latere gebruik op te berg nie, is hier van toepassing.

HOOFSTUK 9: INLEIDING TOT EKSPERIMENTELE WERK

9.1 Motivering vir eksperimentele ondersoek

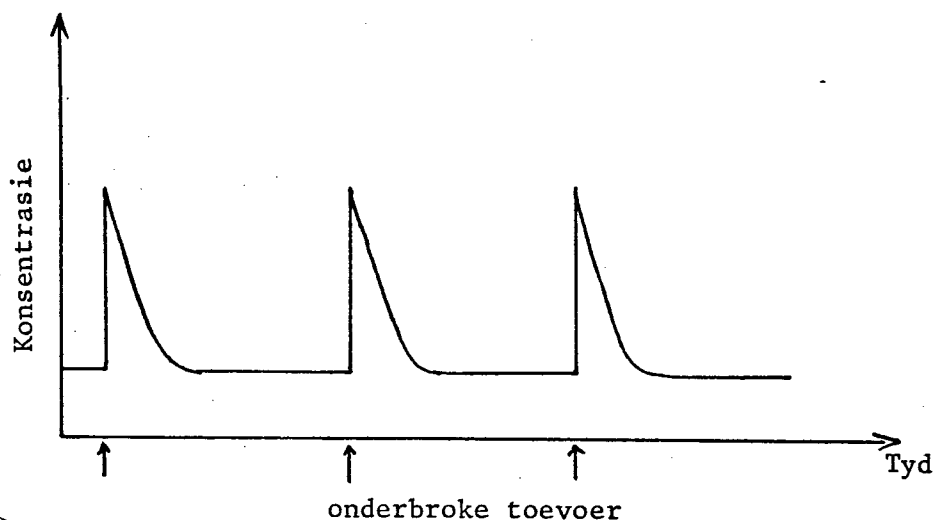
Die selektering van mikroörganismes is daarop gemik om die groei van vlokvormende mikroörganismes te bevoordeel en die groei van filamentiese mikroörganismes te onderdruk.

In die beskrywing van Lee et al¹⁾ en Chudoba et al²⁾³⁾ se ondersoeke is verskeie faktore wat 'n invloed op die selektering van mikroörganismes het, bespreek. Na aanleiding daarvan blyk dit dat die toestande in die eerste seleksiekompartement van die sisteem die belangrikste bydrae tot die selekteringsproses lewer. Aangesien hierdie kompartement die eerste stap in die selektering van mikroörganismes is, is die faktore vir seleksie in die kompartement baie belangrik, terwyl die res van die sisteem 'n sekondêre rol in die selekteringsproses speel.

Na aanleiding van die kinetiese teorie van mikroörganismes by selektering en die invloed wat die substraatkonsentrasie op die selekteringsproses kan hê, is besluit om die ondersoek te rig op die invloed van 'n hoë substraatkonsentrasie in die eerste seleksiekompartement.

Matchè⁴⁾ het bevind dat 'n kontinue toevoervloei eerder slykuitdying sal veroorsaak as 'n onderbroke toevoervloei. Die wisselende konsentrasie in die belugtingsbak teenoor tyd met 'n onderbroke toevoervloei word in Figuur 9.1 getoon.

In die figuur is die afwisseling van 'n hoë substraatkonsentrasie in die belugtingsbak tydens die toevoerperiode en die lae substraatkonsentrasie net voordat die volgende toevoer plaasvind baie duidelik. Hierdie beginsel van wisselende substraatkonsentrasie rondom die mikroörganismes om die groei van filamente te onderdruk, kan toegepas word op 'n sisteem met seleksie reaktore. Na aanleiding van Matchè⁴⁾ se bevindings moet die eerste seleksie-reaktor 'n hoë substraatkonsentrasie hê, waarna die hoofbelugtingsbak volg.



Figuur 9.1: Substraatkonsentrasie in die belugtingsbak met onderbroke toevoer

Alhoewel Lee et al¹⁾ met twee seleksiekompartemente goeie resultate verkry het, is die skrywer van mening dat slegs een seleksiekompartement dieselfde funksie kan verrig. Volgens die kinetiese teorie van mikroörganismes is slegs een kompartement met 'n hoë substraat-konsentrasie nodig om die groei van die vlokvormende mikroörganismes bo die groei van filamente te bevoordeel.

9.2 Periode van eksperimentele ondersoek

Die eksperimentele werk is gedurende die tydperk Oktober tot Desember 1982 in die waternavorsingslaboratorium van die Universiteit van Stellenbosch uitgevoer. 'n Tweede ondersoek is weer gedurende Januarie tot middel Februarie 1983 uitgevoer.

9.3 Eksperimentele apparaat en prosedure

9.3.1 Toevoerhouers

Die toevoerwater wat in die eksperimente gebruik is, is in twee 250 liter-houers in 'n yskas by 4 - 6°C opgeberg. Die inhoud van die houers is deur middel van 'n meganiese roerder in elke houer voortdurende in vermenging gehou.

Vanuit hierdie houters op die tweede vlak in die yskas is daaglik ongeveer 15 liter vir elke eksperiment onttrek en in 'n 25 liter-houer by die eksperimentele opstelling getap. Hierdie houters wat die eksperimente direk van toevoerwater voorsien het, is op magnetiese roerders geplaas om die toevoer steeds in vermenging te hou. 'n Drywende skuimplastiekdeksel is in die houters geplaas om die oplos van suurstof uit die atmosfeer in die toevoer te beperk.

Aanvanklik het die magnetiese roerders 'n verhittende uitwerking op die toevoerwater in die 25 liter-houters gehad, maar die probleem is oorkom deur 'n dun isoleermateriaal tussen die roerder en die houer te plaas.

Die 25 liter-houters is elke tweede dag uitgewas om seker te maak dat daar altyd met 'n vars toevoer uit die yskas gewerk word.

9.3.2 Belugtingsbakke

Die belugtingsbakke wat in die ondersoek gebruik is, was van deursigtige perspex sodat enige slykaanpakking teen die binnewande van die bak onmiddellik waargeneem kon word. Die groot belugtingsbakke het 'n volume van 6 liter gehad. Die seleksiekompartement was ook van deursigtige perspex maar het baie kleiner volumes gehad.

Al die kompartemente in elke stelsel is atmosferies belug deurdat suurstof deur middel van druklug voorsien is. Die lug is as lugborrels deur perspexpypies met gaatjies daarin aan die onderskeie kompartemente voorsien.

9.3.3 Besinktenks

In die ondersoek is Dortmund-tipe besinktenks gebruik. Die besinktenks was heelwat groter as wat nodig was, maar weens omstandighede was dit al wat beskikbaar was.

Aangesien in die ondersoek met 'n uitdyende slyk gewerk is, het die grootte van die besinktenks 'n invloed op die proses gehad. Die

slyk wat nie wou besink nie, het in die besinktenks opgegaar. Die besinktenks was ondeursigtig en gevolglik kon opgaring van die slyk in die besinktenks nie maklik waargeneem word nie. Die opgegaarde slyk in die besinktenks is later met 'n verhoogde slykretotempo en met die hand in die belugtingsbakke teruggegooi.

9.3.4 Uitvloeiselhouers

Die uitvloeisel is vergader in houers soortgelyk aan die 25 liter-toevoerhouers. Die houers is daaglik leeg gemaak. Die slyk wat uit die besinktenks saam met die uitvloeisel verlore gegaan het, is in die houers opgevang en weer in die belugtingsbakke teruggegooi.

9.3.5 Algemeen

Vanuit die 25 liter-toevoerhouers is die toevoer deur middel van peristaltiese pompies na die onderskeie eksperimente se belugtingsbakke gepomp. Die toevoer is in die eerste kompartement van die eksperimentele seleksie-opstelling en direk in die groot belugtingsbak van die kontrole-opstelling gepomp.

Die vloei tussen kompartemente het deur middel van oorloopbuise plaasgevind tot in die besinktenks en daarna tot in die uitvloeiselhouer.

Die slyk in die besinktenks is met behulp van dieselfde peristaltiese pompie waarmee die toevoer gepomp is, na die eerste kompartement in elke eksperiment retoer. Deur die toevoer en die slykretotempo deur dieselfde pompie te laat plaasvind, is 'n slykretotempo-verhouding van 1 tot 1 gehandhaaf.

Aangesien daar met 'n lae vloei tempo gewerk is (± 6 l/dag), is die pompies se pomptyd met behulp van 'n tydskakelaar geregleer. Die pomptyd was 24 sek waarna die pompies vir 5 min 18 sek afgeskakel is. In elke siklus van 5 min 42 sek is ± 24 ml toevoer gepomp sodat 'n daaglikse gemiddelde van 6 liter gehandhaaf is. Die vloei tempo is gereeld gekontroleer.

9.4 Bedryfsprosedures

9.4.1 Toevoerwater

Die toevoerwater wat gebruik is, was rioolwater vanaf Stellenbosch se rioolwerke, waarvan die konsentrasie CSB kunsmatig verhoog is. Na aanleiding van die ondersoëke by Elgin Fruit Juices (Pty) Ltd⁴⁹⁾ is die CSB-konsentrasie aanvanklik na 3 500 - 5 500 mg CSB/ℓ in die eerste eksperiment en daarna tot $\pm 1\,200$ mg CSB/ℓ in die daaropvolgende eksperimente verhoog. Die verhoging in die CSB-konsentrasie van die toevoer is bewerkstellig deur die byvoeging van suiker en melkpoeier.

9.4.2 Vorming van uitdyende slyk

Nadat 'n literatuurstudie oor die oorsake van slykuitdying gedoen is, is uitdyende slyk in die laboratorium teweeggebring. Na aanleiding van verskeie navorsers se werke is besluit om die oorsaak van die slykuitdying te bewerkstellig deur 'n hoë konsentrasie oplosbare substraat wat die groei van die filamente sou bevoordeel. Gevolglik is rietsuiker (sukrose) en melkpoeier by die rioolwater gevoeg. Daar is gehoop dat slykuitdying binne 6 dae of een slykouderdom sou plaasvind onder dié toestande.

Ander faktore wat aanleiding tot slykuitdying kon gee, is so ver as moontlik probeer beperk. Die konsentrasie opgeloste suurstof, die pH en die tekorte aan mineralevoedingstowwe moes nie 'n invloed op die slykuitdying hê nie. Voedingstowwe soos fosfor en stikstof if gevolglik aangevul deur die byvoeging van $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$. Die pH is gereeld reggestel indien dit nodig was en die konsentrasie opgeloste suurstof is daagliks gekontroleer.

9.4.3 Slykouderdom

Lee et al¹⁾ het hulle ondersoek gedoen met 'n slykouderdom van 12 dae tot 15 dae terwyl Chudoba et al²⁾³⁾ met 'n slykouderdom van 3 dae tot 4,5 dae gewerk het. Die skrywer het besluit om met 'n slykouderdom van 6 dae te werk. Die rede hiervoor was dat selektering van

die mikroörganismes dan in 'n korter tyd met betrekking tot slyk-ouderdomme kon plaasvind. Gevolglik is daar daagliks 1 liter van die slykmengsel uit die belugtingsbak onttrek.

9.4.4 Duur van elke eksperiment

Aangesien die slykouderdom 6 dae was, is besluit om elke eksperiment ongeveer 18 dae lank te bedryf nadat slykuitdying verkry is en selektering begin toegepas is. Dit sou meebring dat 'n periode van 3 slykouderdomme verloop waarin selektering kon plaasvind. Na aanleiding van Lee et al¹⁾ se werk is verwag dat selektering van die mikroörganismes en herstel van die uitdyende slyk na 3 slykouderdomme volledig sou plaasvind.

In die vorming van die uitdyende slyk is verwag dat uitdying binne 6 tot 10 dae sou plaasvind. Die duur van elke eksperimentele lope sou altesaam ongeveer 30 dae wees. Die akklimatisering van die slyk en die fase waarin slykuitdying bewerkstellig is, het egter meer tyd in beslag geneem as waarvoor beplan was. In die laaste eksperimente kon slykuitdying nie bewerkstellig word nie.

Die werklike totale duurte van elke eksperimentele loperie het tussen 30 dae en 40 dae gewissel.

9.4.5 Eksperimentele bepalings

Bepalings van die CSB-konsentrasie in die toevoer is twee keer per week gedoen op monsters wat uit die houters in die yskas onttrek is en daarna verdun is. TKN-toetse is een keer per week op die toevoerwater uitgevoer.

Gedurende elke eksperimentele loperie is die volgende bepalings gedoen:

1. Seleksiekompartemente

- (i) CSB (filtreer) - 2 keer per week.
- (ii) Konsentrasie opgeloste suurstof - daagliks.
- (iii) pH - daagliks.

2. Groot belugtingsbakke

- (i) CSB (gefiltreer) - 2 keer per week.
- (ii) VSSSM - 2 keer per week.
- (iii) SSSM - daagliks.
- (iv) Besinkingstoets in 1 l-maatsilinder - daagliks.
- (v) Konsentrasie opgeloste suurstof - daagliks.
- (vi) pH - daagliks.
- (vii) Temperatuur - daagliks.

Die SVI is bepaal uit die resultate van die SSSM en die besinkings-toetse. Bepalings van die konsentrasie opgeloste CSB in die seleksiekompartemente en die groot belugtingsbakke is gedoen nadat die monster deur Whatman GF/C filtreerpapier gefiltreer is.

Alle toetse is gedoen volgens die voorgeskrewe wyse soos beskryf in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1976)⁵⁰.

Gedurende elke eksperimentele lopie is die slyk gereeld onder die mikroskoop bestudeer met die doel om enige verandering in die filamentiese groei waar te neem.

HOOFSTUK 10: EKSPERIMENTELE WERK: PROSEDURE EN RESULTATE10.1 Eksperimentele opstellings

Gedurende die ondersoek is die volgende opstellings vir die onderskeie eksperimentele lopies gedoen:

Eksperiment lopie 1:

Volume seleksiekompartement = 600 ml

Volume groot belugtingsbak = 6 000 ml

Volumeverhouding V_T/V_i = 11

Eksperiment lopie 2:

Volume seleksiekompartement = 100 ml

Volume groot belugtingsbak = 6 000 ml

Volumeverhouding V_T/V_i = 61

Eksperiment lopie 3:

Volume seleksiekompartement 1 = 130 ml

Volume seleksiekompartement 2 = 170 ml

Volume groot belugtingsbak = 6 000 ml

Volumeverhouding V_T/V_i = 48

Eksperiment lopie 4:

Geen slykuitdying kon bewerkstellig word nie.

Eksperiment lopie 5:

Geen slykuitdying kon bewerkstellig word nie.

Kontrole-opstelling:

In al die eksperimente is slykuitdying bewerkstellig in dieselfde opstelling wat as kontrole gedien het.

Volume belugtingsbak = 6 000 ml

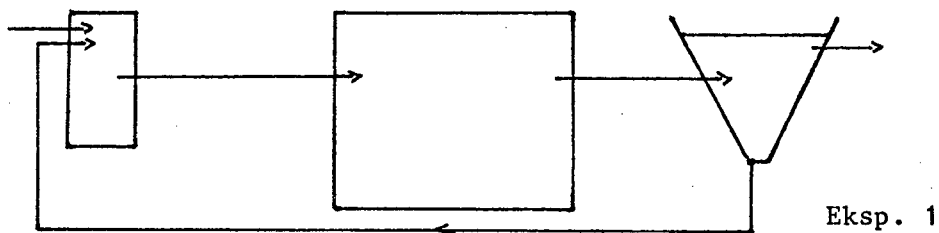
Volumeverhouding V_T/V_i = 1

Die verskillende opstellings word in Figuur 10.1 getoon.

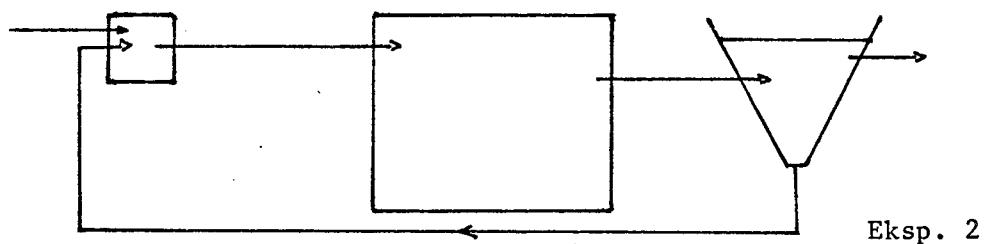
Seleksiekompartement

Hoofbelugtingsbak

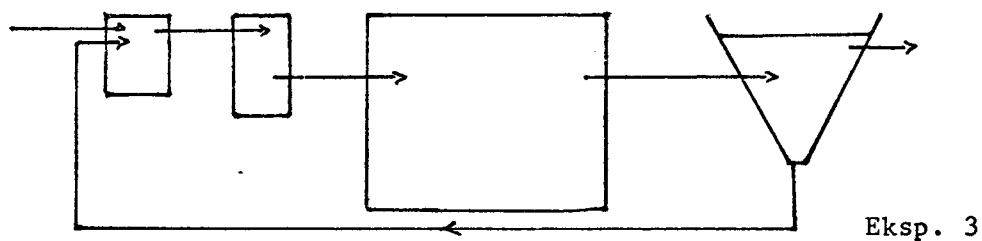
Besinktenk



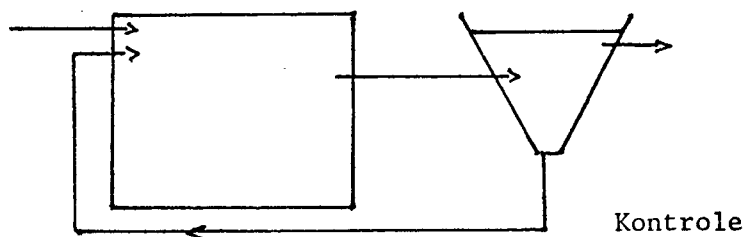
Eksp. 1



Eksp. 2



Eksp. 3



Kontrole

Figuur 10.1: Eksperimentele opstellings

10.2 Eksperiment lopies 1

10.2.1 Prosedure

Die eerste eksperiment is in Oktober 1982 gedoen. Aanvanklik is met 'n toevoer (rioolwater) van 700 mg CSB/l begin. Die SVI was ± 50 ml/g. Hierna is 'n skoklas twee dae lank toegepas deur kraanwater, waarby suiker gevoeg is om die CSB-konsentrasie tot 3 500 mg CSB/l te verhoog as toevoer te gebruik. Vroeë tekens van filamentiese groei is onder die mikroskoop waargeneem, maar daar was geen verandering in die SVI nie.

Hierna is rioolwater weer as toevoer gebruik en suiker is bygevoeg om die konsentrasie tot $\pm 5\,500$ mg CSB/l te verhoog. Die tekort aan voedingstowwe byvoorbeeld stikstof en fosfor is deur die byvoeging van $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ reggestel (CSB:N=37:1). Na twee dae is baie filamente onder die mikroskoop waargeneem. In 'n 1 l-maatsilinder was daar feitlik geen besinking nie. Na 6 uur in die maatsilinder was die besinking ± 600 ml/l. Die voorkoms van die slyk was baie lig van kleur en het 'n duidelike pakking soos watte gehad.

Die sisteem is 5 dae so bedryf waarna die slykmengsel gelykop verdeel is en 'n seleksiestelsel en 'n kontrole is opgestel. Die twee stelsels is twee dae bedryf sonder om slyk te onttrek sodat die mikroörganismes weer in balans met die omgewing kon kom.

Gedurende die laaste sewe dae is nuwe toevoer gebruik met 'n konsentrasie van 3 500 mg CSB/l. Die CSB-tot-stikstof-verhouding is weer eens reggestel met $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Die verhouding was CSB:N=36:1.

10.2.2 Resultate

Nadat eksperiment 1 en kontrole 1 opgestel is, is baie probleme met skuim in die reaktore ondervind. Filamentiese groei was oorheersend in die slykmengsel en het feitlik 'n netwerk gevorm. Gedurende die lopies is geen besinking in 'n 1 l-maatsilinder in 30 min. waargeneem nie en die slyk het 'n bleek kleur gehad. Na ongeveer 8 uur kon steeds geen besinking waargeneem word nie.

Op dag 10 (tabel 10.2) is in albei stelsels baie minder filamente onder die mikroskoop as aan die begin waargeneem. Die slyk het 'n voorkoms van dispersiegroei getoon, met feitlik geen vlokke nie.

Nadat die filamente oorheersend begin raak het, kon die SSSM nie op die voorgeskrewe manier bepaal word nie. Die monster wou geensins filtreer sodat die residu gedroog kon word nie.

Die eksperiment is gestaak nadat dit duidelik geword het dat geen teken van besinking sou plaasvind nie. Die filamente het heeltemal uit die slykmengsel verdwyn en geen vlokke het gevorm nie.

Die gegewens van eksperiment lopies 1 is in tabel 10.1 saamgevat en die eksperimentele bepalinge word in tabel 10.2 aangegee.

Beskrywing:

Slykmengsel	vanaf Scottsdene-rioolwerke
CSB-rioolwater	700 mg CSB/ℓ
CSB-toevoer	3 500 - 5 500 mg/ℓ
Slykouderdom (R_s)	6 dae
Toevoervloeitempo (Q)	6 ℓ/d
Hidrouliese retensietyd (R)	24 uur
Temperatuur	18 - 20°C
Volumeverhouding van seleksiestelsel (V_T/V_i)	11

Tabel 10.1: Gegewens van eksperiment lopies 1

10.2.3 Bespreking

Aangesien die slykmengsel na dispersiegroei verander het en geen filamente meer sigbaar was nie, kan hieruit nie 'n gevolgtrekking van seleksie van mikroörganismes gemaak word nie.

Alhoewel selektering van mikroörganismes met 'n substraatkonsentrasie van $\pm 5\,000$ mg CSB/ℓ in die toevoer alreeds ondersoek is⁴⁹⁾ en positiewe resultate verkry is, kan die oorsaak dat hierdie lopies misluk het, toegeskryf word aan die substraatsamestelling. In die

eksperiment is die substraatkonsentrasie vanaf 700 mg CSB/ℓ tot \pm 5 500 mg CSB/ℓ verhoog net deur die byvoeging van suiker. Die verhoging in die CSB-konsentrasie was 7,8 keer die oorspronklike (rioolwater).

Tweedens het die skoklaste wat gedurende die eksperiment toegepas is ook 'n groot invloed op die samestelling van die mikroörganismes in die slykmengsel gehad.

Derdens kan ook genoem word dat die mikroörganismes weens die skoklaste nog in die log groeifase was. Die uitvloeisel het steeds 'n hoë CSB-konsentrasie gehad.

Eksperiment 1

Dag	CSB toevoer	Seleksiereaktor			Grootreaktor			Kontrole 1		
		pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB
	mg/ℓ		mg/ℓ	mg/ℓ		mg/ℓ	mg/ℓ		mg/ℓ	mg/ℓ
Slykretoertempo 3:1										
1	5 491 5 520	7,2	3,5					7,0	3,0	
2		7,5	4,0					7,4	3,5	
3		7,4	4,0	748	6,7	3,0	334	7,0	3,2	502
4		7,0	6,5		6,5	8,1		6,7	7,8	
5		7,0		960	6,4		392	6,9		416
6		7,2	5,0	1 048	7,0	4,0	624	7,3	6,0	580
7		7,3	3,5	956	6,9	5,0	600	6,9	4,6	568
8		7,3	4,0	656	6,4	5,2	424	6,7	4,0	792
		Nuwe toevoer Slykretoertemp 1:1								
10	3 420 3 380	7,3	7,5		5,6	7,0		6,6	1,5	
11		7,5	5,0	896	6,7	6,0	152	6,9	6,3	136
12			7,5			3,5			7,0	
15		7,9	8,0	708	7,0	6,5	272	7,5	5,0	184
17				564			140			112

Tabel 10.2: Eksperimentele Bepalings (Eksp. 1)

10.3 Eksperiment lopies 2

10.3.1 Prosedure

Aangesien humusslyk as slykmengsel in hierdie lopies gebruik is, is die sisteem eers 4 dae lank met rioolwater bedryf sodat die slyk na toestande van die geaktiveerde slykproses kon akklimatiseer. Daarna is die CSB-konsentrasie van die toevoer deur die byvoeging van suiker verhoog. In die lopies is die CSB-konsentrasie geleidelik (oor 'n paar dae) verhoog om die effek van 'n groot skoklas uit te skakel. Voedingstowwe is deur die byvoeging van $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ aangevul.

Slykuitdying het binne 6 dae (een slykouderdom) plaasgevind nadat die CSB-konsentrasie die eerste keer verhoog is. Die sesde dag was die SVI alreeds 529 ml/g. Filamentiesegroei in die slyk kon duidelik onder die mikroskoop in groot hoeveelhede waargeneem word (sien foto's, paragraaf 10.7).

Hierna is die slykmengsel in twee verdeel en die seleksiestelsel en die kontrole is opgestel.

10.3.2 Resultate

Die seleksie van mikroörganismes is met 'n CSB-konsentrasie in die toevoer van 1 250 mg CSB/l begin. Gedurende die duur van die eksperiment het die CSB-konsentrasie van die toevoer tot ± 900 mg CSB/l gedaal. Aangesien die konsentrasie steeds hoog was, is besluit om die toevoer nie te vervang nie.

Die konsentrasie organiese stikstof in die toevoer was deurentyd altyd hoër as die minimum vereiste wat volgens die metode van Marais en Ekama²⁹⁾ bepaal is (sien Bylae B).

Die konsentrasie opgeloste CSB in die seleksie kompartemente was heelwat hoër as die konsentrasie in die groot belugtingsbak. Die CSB-konsentrasie in die seleksiekompartement was gemiddeld 220 mg CSB/l en in die groot belugtingsbak 65 mg CSB/l. In albei stelsels (seleksie stelsel en kontrole) is 'n gemiddelde CSB-

verwydering van 93% verkry.

Die grootste probleem in hierdie lopie was om die konsentrasie van die slykmengsel in die stelsels konstant te hou. Die konsentrasie slykmengsel wat benodig was, is bereken volgens die metode van Marais en Ekama²⁹⁾ (sien Bylae A). Die slykkonsentrasie in die belugtingsbakke van albei stelsels het egter gedaal vanweë die swak besinking in die besinktenks, wat 'n swak slykretoer tot gevolg gehad het. Alhoewel die slykretoertempo dieselfde as die toevoertempo was, was daar met tye baie min slyk in die retoermengsel. As gevolg hiervan het die slyk in die besinktenks opgegaan. Die probleem is later gedeeltelik oorkom deur die pompie twee keer per dag aangeskakel te hou om die slyk terug te pomp.

Met die verlaging van die CSB-konsentrasie in die toevoer het die benodigde konsentrasie van die slykmengsel ook tot $\pm 1\,500\text{ mg/l}$ gedaal.

Met gereelde waarnemings van die mikroörganismes in die slyk onder die mikroskoop is die groei van filamente noukeurig dopgehou. Die vermeerdering van filamente gedurende die uitdyingsfase kon duidelik waargeneem word. Die verwagte vermindering van filamente met die selekteringsproses kon nie duidelik waargeneem word nie.

Die gegewens van eksperiment lopie 2 is in tabel 10.3 saamgevat en die eksperimentele bepalinge word in tabel 10.4 en tabel 10.5 aangegee.

10.3.3 Bespreking

Die grootste nadeel in hierdie lopie was dat die slykkonsentrasie nie konstant gehou kon word nie. Dit het 'n groot invloed op die selektering van mikroörganismes en gevolglik die resultate van die eksperiment gehad.

In Figuur 10.3 (SSSM-tyd) kan die wisseling van die slykkonsentrasies in die seleksiestelsel en die kontrole gedurende die ondersoek gesien word. Albei stelsels het naasteby dieselfde wisseling op

Beskrywing

Slykmengsel	humusslyk vanaf Stellenbosch
CSB-rioolwater	850 mg CSB/l
CSB-toevoer	1 250 - 900 mg/l (28% daling)
Organiese N benodig in toevoer	
(bereken)	27 mg N/l
Organiese N beskikbaar in toevoer	> 40 mg N/l
SSSM met begin van seleksie	
(bereken)	2 040 mg/l
Slykouderdorm (R_s)	6 dae
Toevoervloeitempo (Q)	6 l/dag
Hidrouliese retensietyd (R)	24 uur
Temperatuur	18 - 20°C
Volumeverhouding van seleksie-	
stelsel (V_T/V_i)	61

Tabel 10.3: Gegewens van eksperiment lopie 2

dieselfde dae getoon, behalwe op dag 14. Alhoewel die slyk-konsentrasies dieselfde wisseling getoon het, is daar nogtans 'n verskil in die SVI van die twee stelsels waargeneem.

In Figuur 10.4 (besinking-tyd) word gevind dat die kontrole-opstelling regdeur feitlik 'n konstante besinking gegee het (+ 950 ml/l), alhoewel die SSSM baie gewissel het. In die seleksiestelsel het die besinking baie gewissel, met veral op dag 12 en dag 22 baie laag. Op dag 12, dit wil sê 4 dae nadat seleksie begin is, het die besinking van die twee stelsels met 635 ml/l verskil terwyl die verskil op dag 13, 480 ml/l was.

In Figuur 10.5 (SVI-tyd) word gevind dat die seleksiestelsel altyd 'n laer SVI as die kontrole gehad het. Op dag 12 het die SVI van die kontrole begin styg (800 ml/g) terwyl die SVI in die seleksiestelsel gedaal het (320 ml/g). Op dag 13, met die verskil van SSSM in die twee stelsels slegs 90 mg/l het die kontrole 'n baie hoër SVI as die seleksiestelsel gehad. Op dag 22 is die laagste SVI in die seleksiestelsel gevind, naamlik

240 ml/g.

Alhoewel die resultate in bogenoemde grafieke baie gewissel het, kom dit voor asof seleksie van mikroörganismes wel aanvanklik plaasgevind het. Weens die wisseling in die SSSM is seleksie nie behou nie en het filamente weer begin groei.

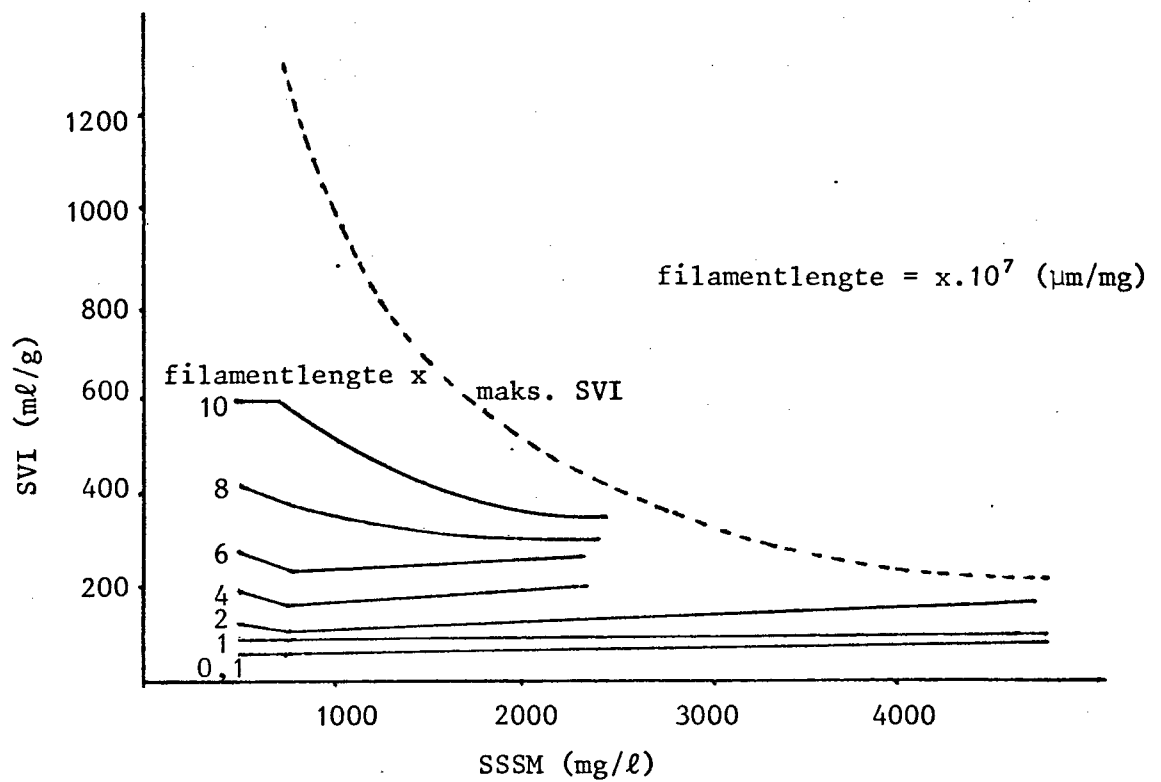
Vervolgens is besluit om die verband van die SSSM met SVI en besinking te ondersoek.

In Figuur 10.6 (besinking-SSSM) word gevind dat by slykkonsentrasies van 1 400 mg/l en laer daar feitlik geen besinking in die kontrole was nie, terwyl die seleksiestelsel wel besinking getoon het. Dit is algemeen bekend dat, met laer SSSM, normale geaktiveerde slyk ook 'n laer besinking gee. Volgens Pipes¹³⁾ is die SVI (besinking per SSSM) direk proporsioneel aan die getal filamente in die slykmengsel. In Figuur 10.6 kom dit voor asof daar minder filamente gedurende dae 12 - 13 en 22 - 23 in die seleksiestelsel as in die kontrole was.

In Figuur 10.7 (SVI-SSSM) word gevind dat die kontrole gedurende die totale duur van die eksperiment 'n SVI van amper 'n maksimum gehad het. Daarenteen het die seleksiestelsel by laer SSSM ook lae SVI'e gehad. Volgens Pipes¹³⁾ se stelling kan die gevolgtrekking hier gemaak word dat op dae 12 - 13 en 22 - 23 minder filamente in die seleksiestelsel as in die kontrole was.

Figuur 10.7 kan ook beoordeel word volgens Sezgin²⁶⁾ se resultate in Figuur 10.2. Hy het die invloed van die verskillende filamentlengtes op die SVI by spesifieke SSSM ondersoek. In die vergelyking van Figuur 10.2 met Figuur 10.7 kan weer eens die gevolgtrekking gemaak word dat filamente in die seleksiestelsel verminder het. Seleksie van mikroörganismes het dus rondom dag 13 en dag 23 plaasgevind.

In figuur 10.8 word die CSB-konsentrasie van die toevoer asook die CSB-konsentrasie van die uitvloeisel in die seleksiestelsel en die kontrole getoon. In figuur 10.9 word die TKN in die toevoer asook die minimum wat benodig was, aangedui.



Figuur 10.2: Verandering in SVI by verschillende filamentlengtes en SSSM volgens Sezgin²⁶⁾

Eksperiment 2

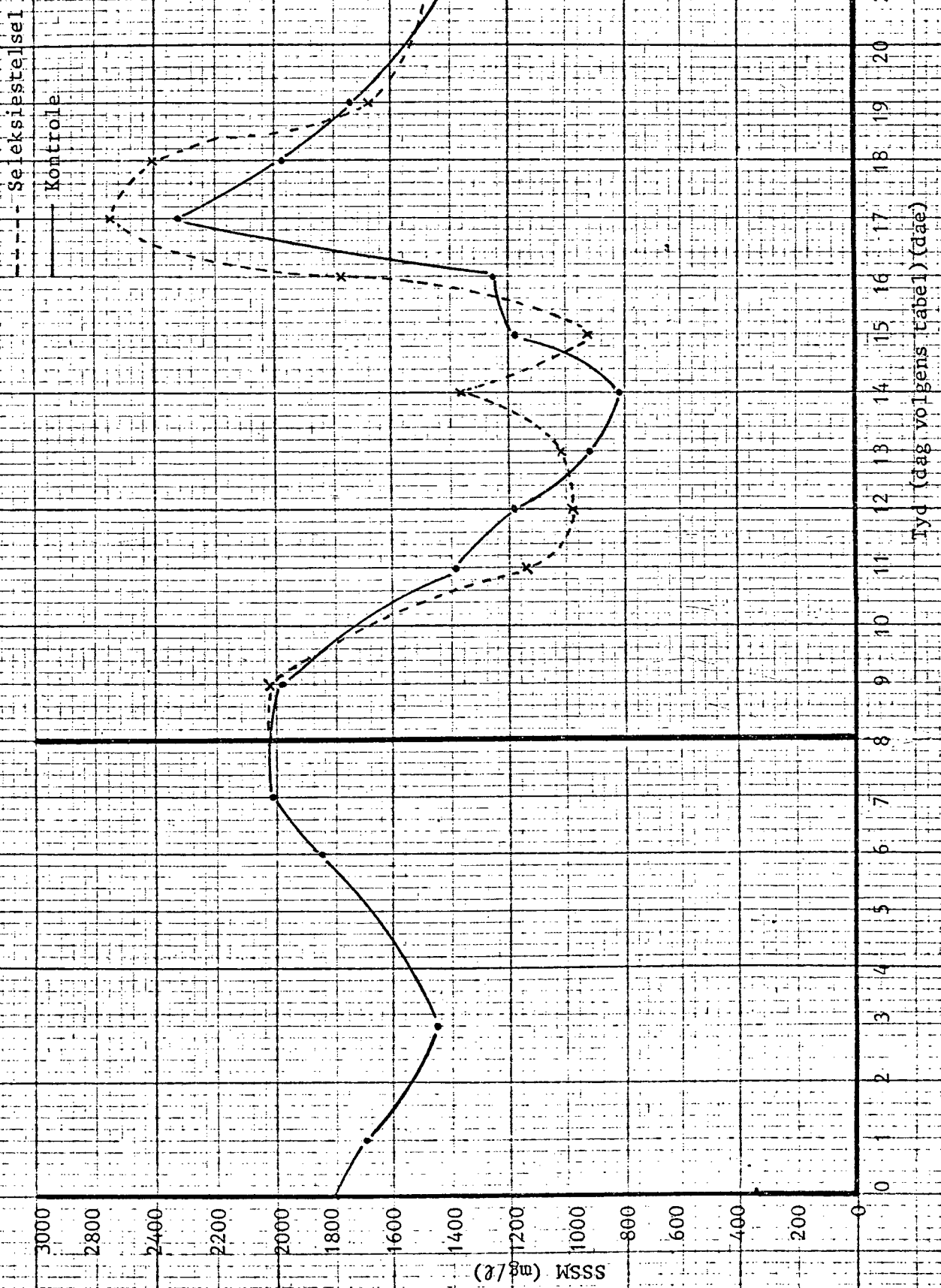
Dag	CSB	Seleksioreaktor			Grootreaktor			Kontrole 2		
	toevoer	pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB
	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l
1	840								9,0	
2	984								8,5	
3	1 100							7,2	8,2	
4	1 167							7,3	8,7	62
5										
6										
7	1 252							7,0	7,2	73
8								7,0	8,0	
9		7,0	7,5		7,3	8,8		7,1	8,2	
10	1 100	7,3	4,5	220	7,4	9,5	54	7,2	8,4	50
11	1 056	7,1	6,0	324	7,5	10,2		7,2	8,8	
12		6,9	5,2		7,6	9,4		7,3	8,6	
13		6,8	4,4		7,6	9,2		7,2	8,8	
14	930	6,9	4,6	224	7,5	8,9	65	7,3	8,0	73
15		7,2	4,8		7,5	9,2		7,2	8,6	
16	914	7,3	6,3	204	7,4	9,1		7,1	8,2	
19					7,6			7,2		
21	910			229			73			82
22			8,1			9,6			8,5	
23		7,2	8,2		7,3	10,4		6,6	8,7	
24		7,8	8,3		7,4	11,0		6,6	9,1	
25										

Tabel 10.4: Eksperimentele lopie (Eksp. 2)

Eksperiment 2

Dag	Seleksiestelsel 2				Kontrole 2			
	SSSM mg/l	VSSSM mg/l	Besink ml/l	SVI ml/g	SSSM mg/l	VSSSM mg/l	Besink ml/l	SVI ml/g
1					1 700		200	118
2							250	
3					1 450	1220	310	214
4							600	
5								
6					1 850		980	529
7					2 010	1750	960	477
8							950	
9	2 020	1 760	950	470	1 985	1690	960	484
10			880				950	
11	1 150		610	530	1 380		940	681
12	970		310	320	1 170		940	803
13	1 010	840	450	445	920	760	930	1011
14	1 370		820	598	810		930	1148
15	930		580	623	1 180		970	822
16	1 790		940	525	1 250		970	776
17	2 560	2 200	960	375	2 350	2040	980	417
18	2 405		900	374	1 970		980	497
19	1 670		850	509	1 740		965	546
20			770				950	
21	1 460	1 230	670	459	1 420	1220	965	669
22	1 010		240	237	1 320		910	689
23	1 210		380	314	1 280		840	656
24			480				780	
25								

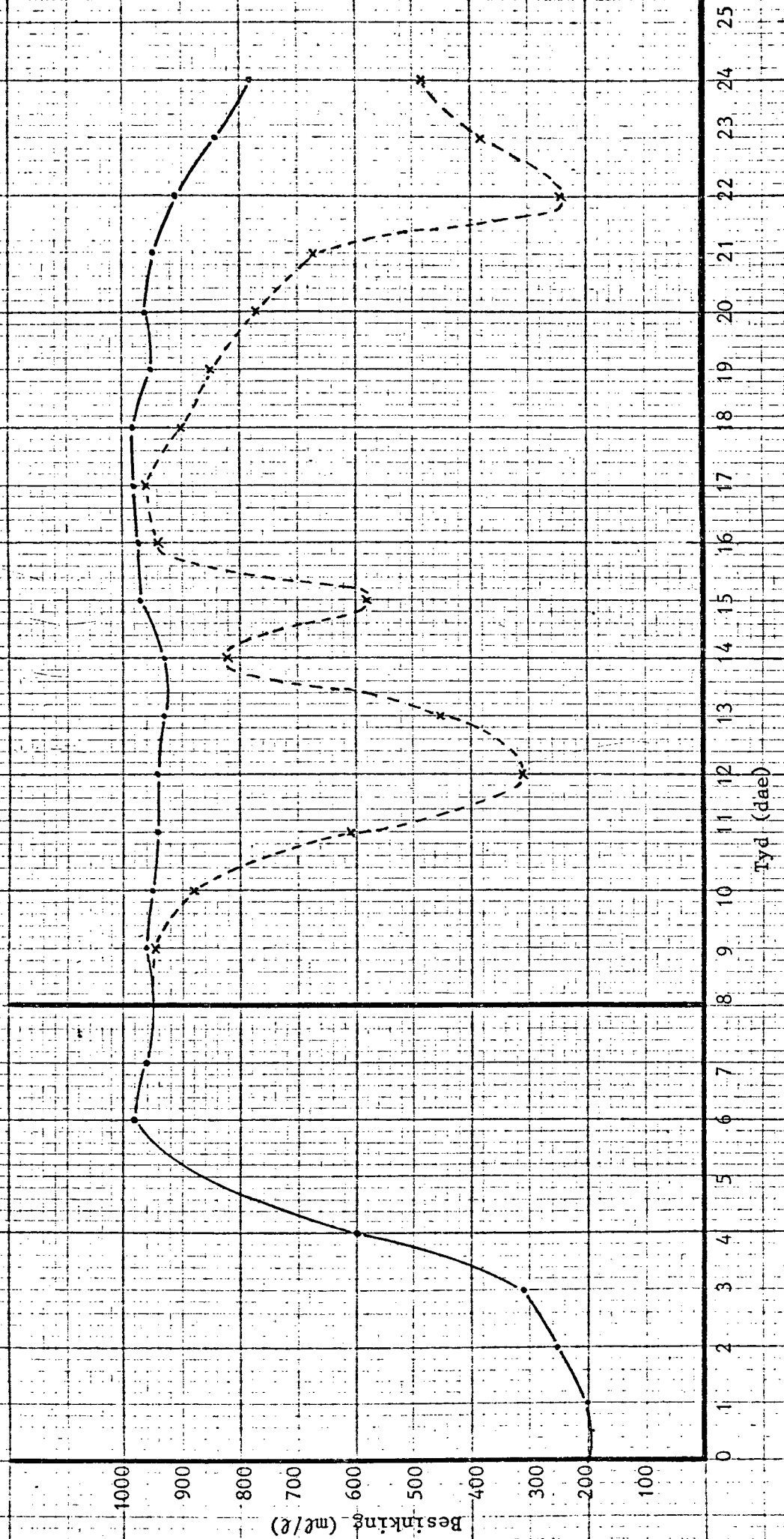
Tabel 10.5: Eksperimentele bepalingen (Eksp. 2)



Figuur-10.3: SSSM teenoor tyd - eksperiment 2

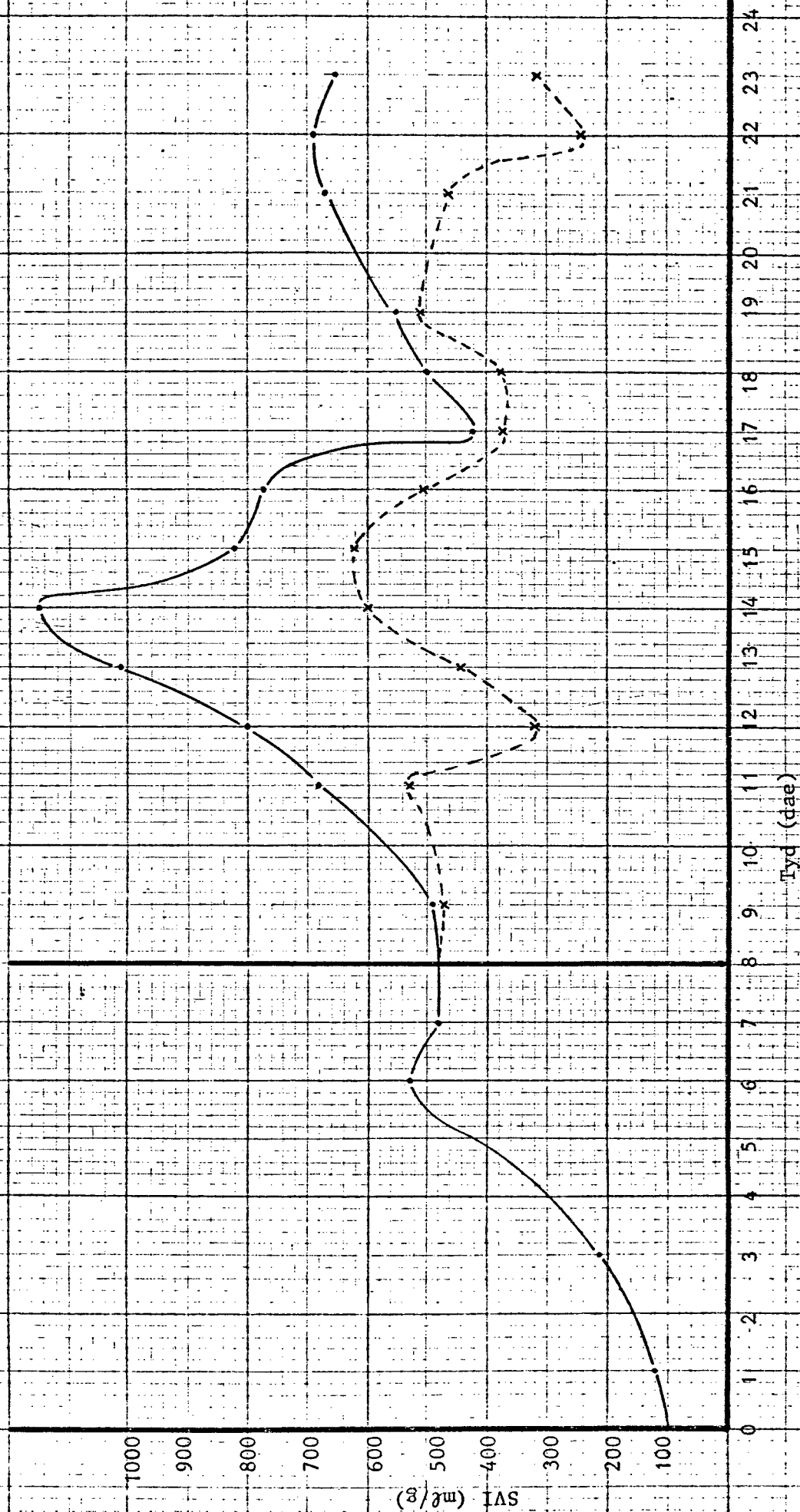
10.14

----- Seleksiestelsel
 ————— Kontrole

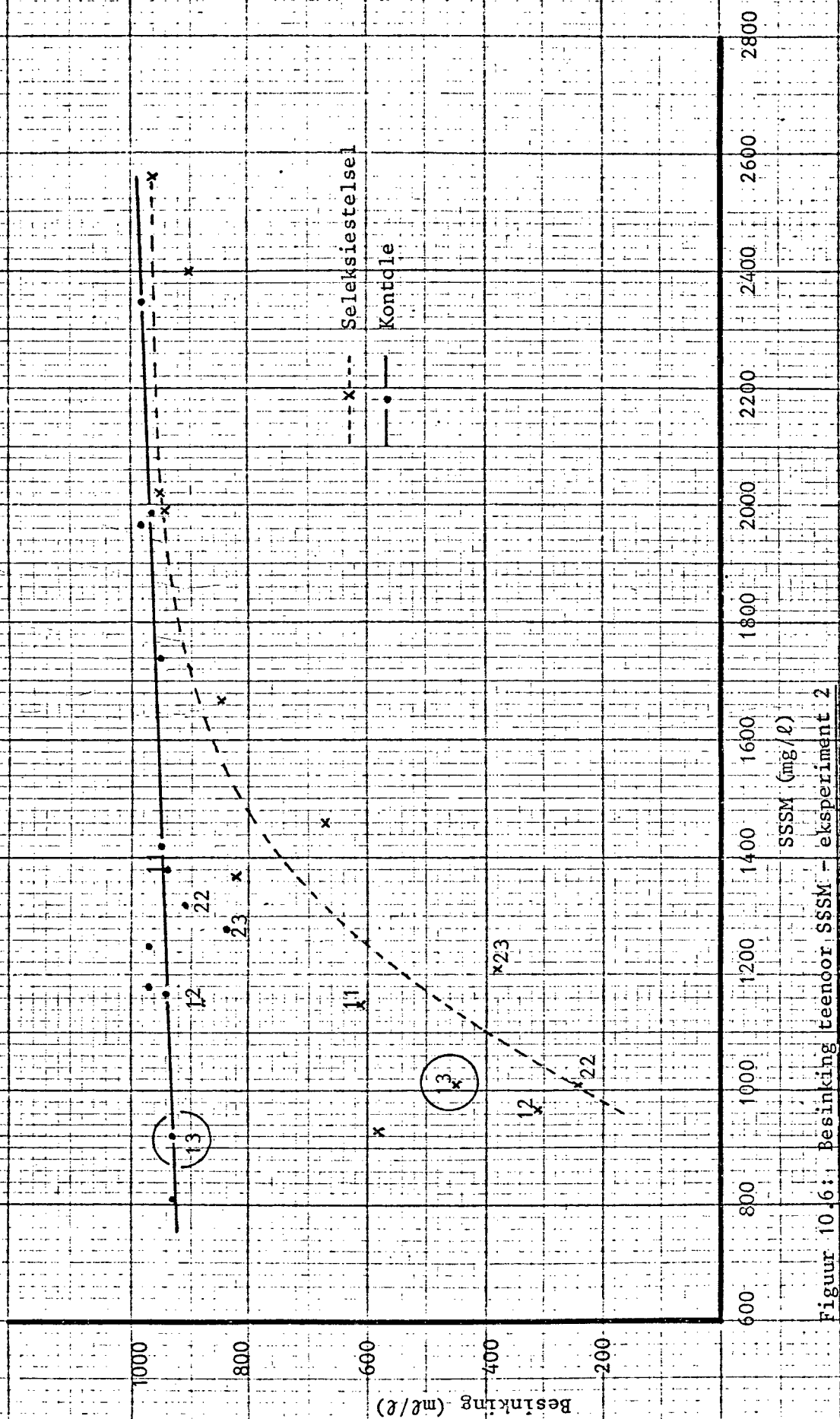


Figuur 10.4: Besinking teenoor tyd - eksperiment 2

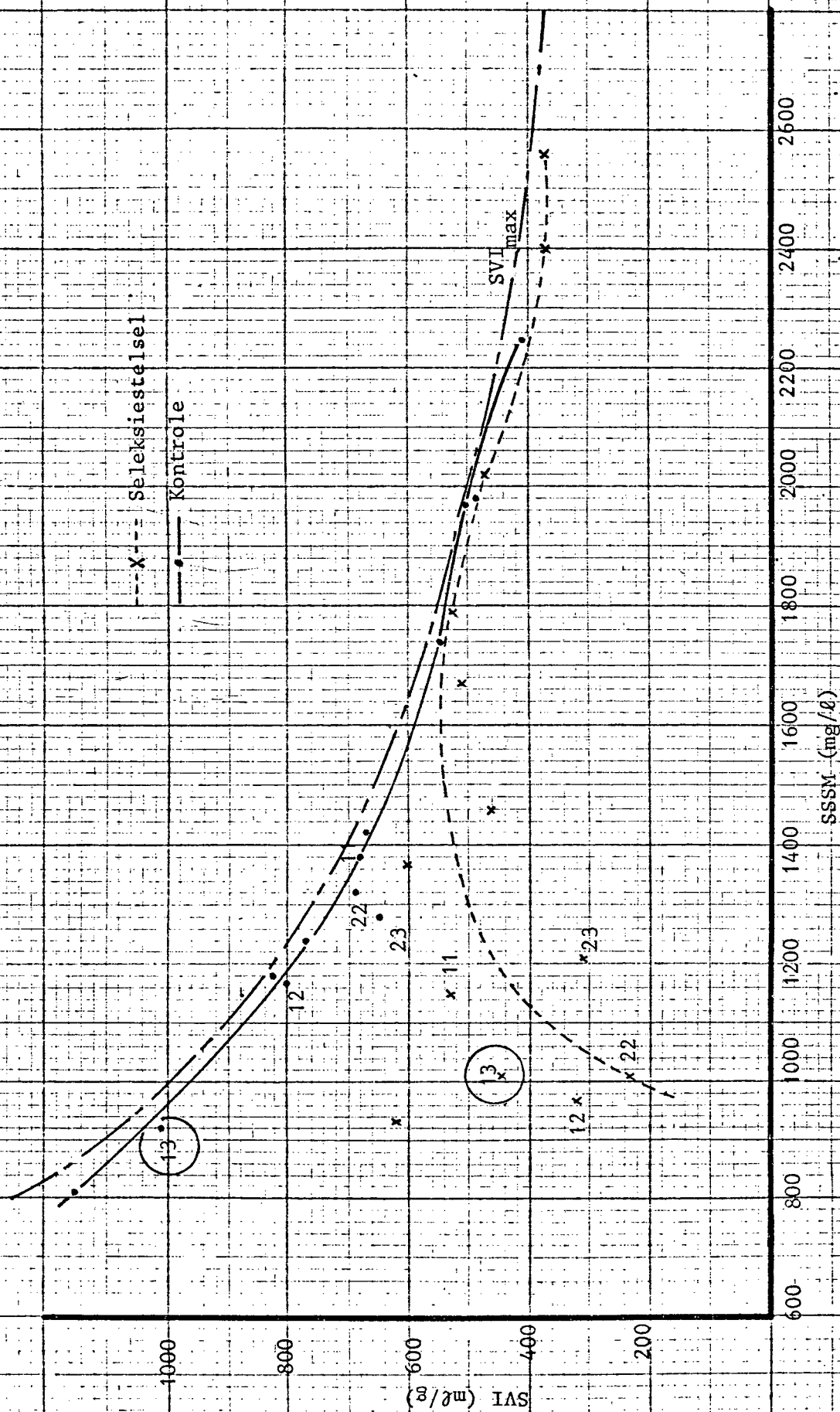
----- Seleksiestesle
 ————— Kontrole



Figuur 10.5: SVI teenoor tyd - eksperiment 2

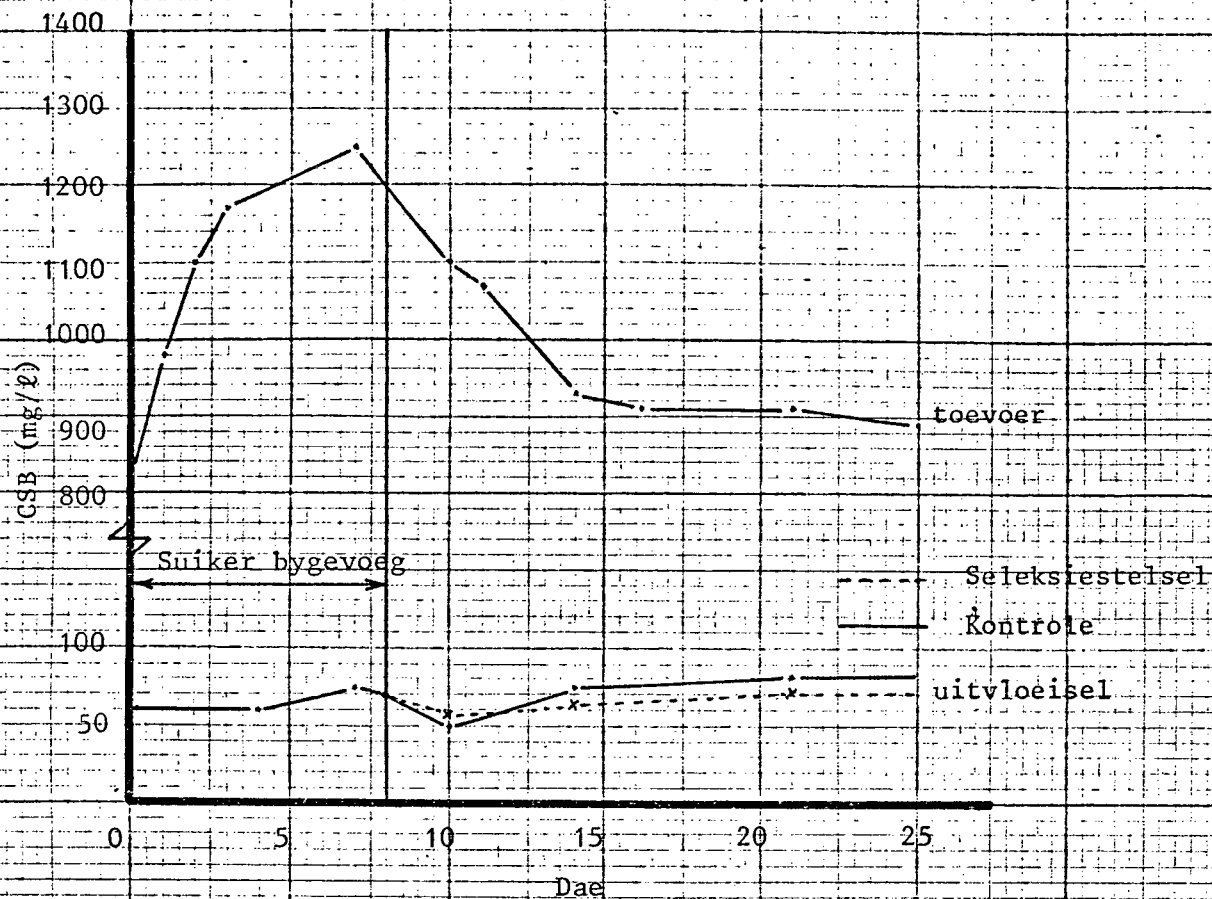


Figuur 10.6: Besinking teenoor SSSM - eksperiment 2

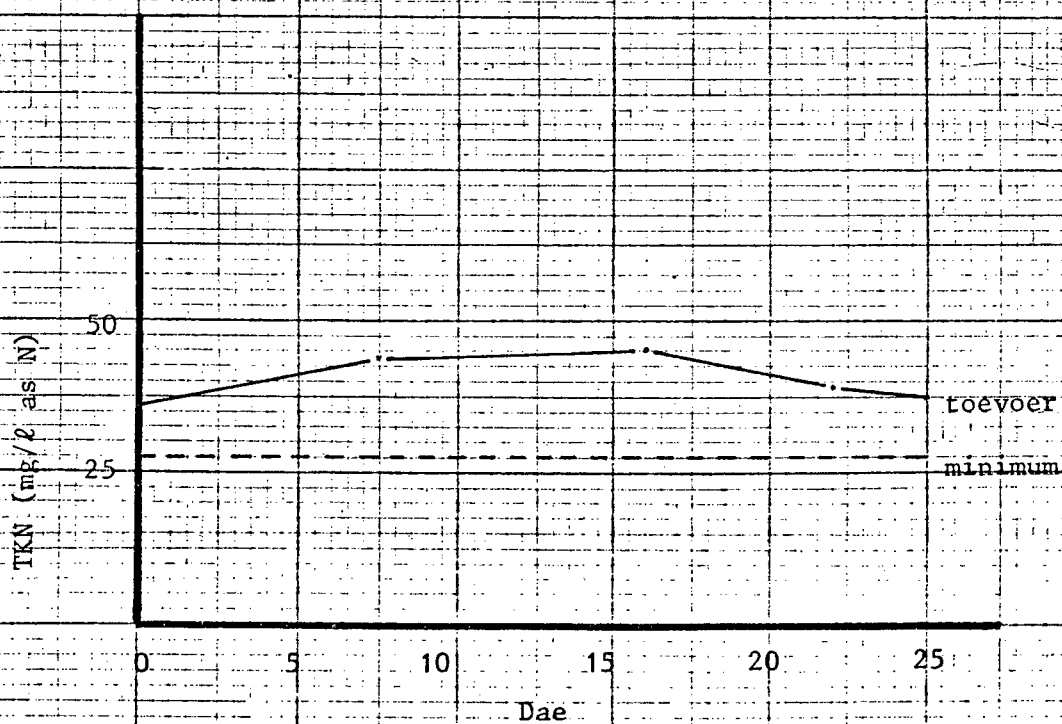


Figuur 10.7: SVI teenoor SSSM — eksperiment 2

10.18
Eksperiment 2



Figuur 10.8: CSB-konsentrasies in toevoer en uitvloeisel



Figuur 10.9: TKN in toevoer en benodigde minimum

10.4 Eksperiment lopies 3

10.4.1 Prosedure

Eksperiment 3 en eksperiment 2 is terselfdertyd uitgevoer.

Hierdie eksperimentele lopies is net soos eksperiment 2 begin. Die enigste verskil was dat melkpoeier in plaas van suiker gebruik is om die CSB-konsentrasie van die toevoer te verhoog.

Slykuitdying het net so vinnig soos in eksperiment 2 plaasgevind.

Die slykmengsel is weer in twee verdeel en die seleksiestelsel en 'n kontrole is opgestel. In hierdie lopies is twee seleksie-kompartemente of -reaktore voor die groot belugtingsbak opgestel. Die volumeverhouding V_T/V_i was kleiner as in eksperiment 2 en daarom is twee seleksiekompartemente gebruik om 'n substraat-konsentrasiegradiënt in die stelsel teweeg te bring.

Aanvanklik is beplan om met 'n toevoervloeitempo van 6 l/d te werk, maar weens 'n fout is met 'n vloeitempo van 5,2 l/d gewerk. Die slykretoertempo was steeds 1 tot 1.

10.4.2 Resultate

Die seleksie van mikroörganismes is begin met 'n CSB-konsentrasie in die toevoer van 1 082 mg CSB/l. Die konsentrasie in die toevoer het gedurende die ondersoek gedaal tot \pm 950 mg CSB/l, wat 'n daling van 12% verteenwoordig.

Die konsentrasie organiese stikstof in die toevoer was deurentyd hoër as die minimum vereiste soos bepaal volgens die metode van Marais en Ekama²⁹⁾.

Die konsentrasie opgeloste CSB in die seleksiestelsel het 'n duidelike gradiënt getoon. Weens 'n swak slykretoer het die konsentrasie in die seleksiekompartement nie altyd konstant gebly nie. In albei stelsels is nogtans 'n gemiddelde CSB-verwydering van 92% verkry.

Probleme met die slykretoer en die slykkonsentrasie is ook in hierdie lopie ondervind. Die slykkonsentrasie wat benodig is, kon nie konstant gehou word nie vanweë dieselfde redes as dié in eksperiment 2 genoem.

Gereelde waarnemings onder die mikroskoop is gedoen om die groei van filamente dop te hou. Dieselfde filamentiese groei as in lopie 2 is waargeneem. Die verwagte vermindering in die hoeveelheid filamente na selektering kon nie waargeneem word nie.

Die gegewens van eksperiment lopie 3 is in tabel 10.6 saamgevat en die eksperimentele bepalinge word in tabel 10.7 en tabel 10.8 aangegee.

Beskrywing

Slykmengsel	humusslyk vanaf Stellenbosch
CSB-rioolwater	850 mg CSB/ℓ
CSB-toevoer	1 082 - 950 mg/ℓ (12% daling)
Organiese N benodig in toevoer	
(bereken)	25 mg N/ℓ
Organiese N beskikbaar in toevoer	> 40 mg N/ℓ
SSSM met begin van seleksie	
(bereken)	1 470 mg/ℓ
Slykouderdom (R_s)	6 dae
Toevoervloeitempo (Q)	5,2 ℓ/d
Hidrouliese retensietyd (R)	28 uur
Temperatuur	18 - 20°C
Volumeverhouding van seleksie-	
stelsel (V_T/V_i)	48

Tabel 10.6: Gegewens van eksperiment lopie 3

10.4.3 Bespreking

In Figuur 10.10 (SSSM-tyd) word die wisseling van die slykkonsentrasie aangetoon. Soos uit die grafiek blyk, is dieselfde wisseling nie in albei stelsels ondervind nie. Aangesien die SSSM baie op dieselfde dae verskil het, is dit moeilik om die resultate ten

opsigte van die seleksie van mikroörganismes te beoordeel. Die resultate op dag 12, 14 en 21 kan vergelyk word aangesien die SSSM van die twee stelsels op dié dae ooreengekom het.

In Figuur 10.11 (besinking-tyd) en Figuur 10.12 (SVI-tyd) kan gesien word dat geen seleksie tot op dag 12 plaasgevind het nie. Die seleksiestelsel met 'n hoër SSSM het 'n stadiger styging in SVI getoon. Op dag 13 is besinking verkry, maar die lae SSSM neutraliseer die waarde. Rondom dag 13 en 14 het die seleksiestelsel laer SVI-waardes as die kontrole gehad. Dit is in die tyd, na een slyk-ouderdom, dat tekens van seleksie verwag is.

Vanaf dag 20 het die kontrole om 'n onverklaarbare rede beter besinking begin toon as die seleksiestelsel. Aan die einde van die lopie was die SVI in die kontrole 285 ml/g teenoor 554 ml/g in die seleksiestelsel.

Wanneer Figuur 10.13 (besinking-SSSM) en Figuur 10.14 (SVI-SSSM) bestudeer word, word gevind dat by al die slykkonsentrasies die SVI baie na-aan die maksimum is. Net dag 13 en 14 in die seleksiestelsel en dag 23 in die kontrole toon laer SVI-waardes. Die gevolgtrekking kan hiervan gemaak word dat rondom dag 13 en 14 tekens van selektering wel plaasgevind het. In die geheel het die eksperiment nie beter resultate as eksperiment 2 gelewer nie.

In figuur 10.15 word die CSB-konsentrasie van die toevoer asook die CSB-konsentrasies van die uitvloeisel in die seleksiestelsel en die kontrole getoon. In figuur 10.16 word die TKN in die toevoer asook die minimum wat benodig was, aangedui.

Dag	CSB toevoer	Seleksioreaktor			Seleksioreaktor			Grootreaktor			Kontrole 3		
		pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB	pH	O.S	CSB
	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l
1	840											9,0	
2	900											7,9	
3	942										7,7	7,5	
4											7,5	8,9	71
5													
6	980												
7											7,1	9,0	61
8											7,2	8,6	
9													
10	1 082	6,1	7,7	449	6,5	8,0	395	6,7	7,7	71	6,9	6,4	46
11	1 073	6,8	8,9	404	7,3	8,2	300	7,2	7,8		7,3	8,1	
12		6,9	8,1		7,5	8,8		7,4	9,1		7,3	8,0	
13		6,9	7,0		7,5	7,7		7,3	9,1		7,0	7,6	
14	1 061	6,9	6,7	306	7,4	6,3	245	7,6	8,6	57	7,2	6,8	65
15		7,0	8,3		7,9	8,9		7,8	9,0		7,3	7,2	
16	1 020	7,4	7,3	269	7,8	8,1	130	7,4	8,6		7,0	6,6	
19		7,2						7,5			6,8		
21	950			181			117			77			77
22			9,2			8,3			8,2			7,3	
23		7,3	10,4		7,7	9,9		6,9	9,3		6,1	7,7	
24		7,5			7,8			7,0	9,2		6,2	7,5	
25													

Tabel 10.7: Eksperimentele bepalingen (Eksp. 3)

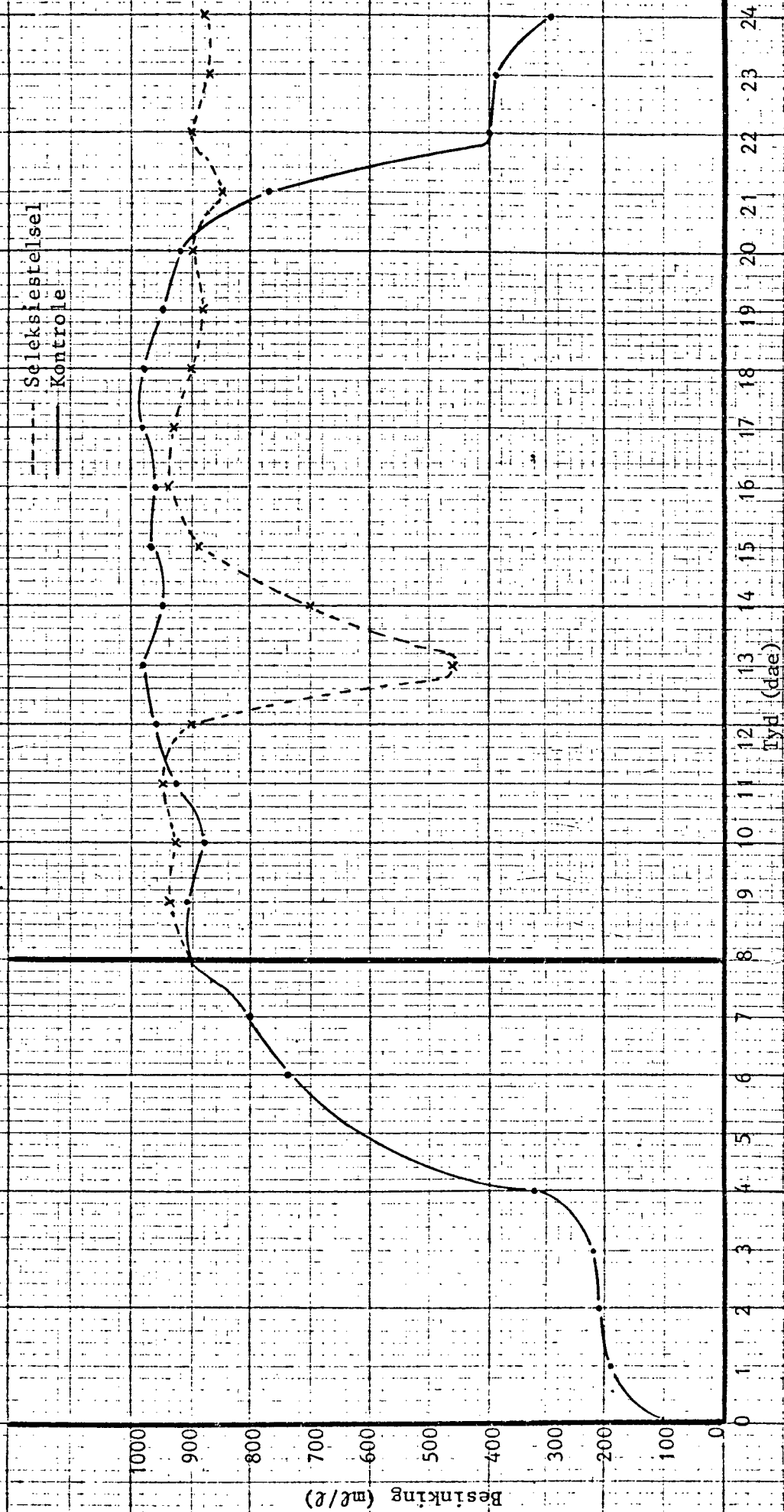
Eksperiment 3

Dag	Seleksiestelsel 3				Kontrolle 3			
	SSSM	VSSSM	Besink	SVI	SSSM	VSSM	Besink	SVI
	mg/l	mg/l	ml/l	ml/g	mg/l	mg/l	ml/l	ml/g
1					1410		190	135
2							210	
3					1160	950	220	190
4							320	
5					1480		740	500
6					1510	1300	800	540
7							900	
8								
9	1730	1440	940	543	1580	1360	910	576
10			930				880	
11	1545		950	615	1190		930	782
12	1092		900	825	1210		960	793
13	880	760	460	522	1430	1210	980	685
14	970		700	722	980		950	969
15	1020		890	872	1400		970	693
16	1300		940	723	1100		960	873
17	1455	1280	930	639	1645	1410	980	596
18	1450		900	621	1850		980	530
19	1450		880	607	2010		950	473
20			900				920	
21	1635	1370	850	620	1610	1340	770	478
22	1535		900	586			400	
23	1570		870	554	1370		390	285
24			880				290	
25								

Tabel 10.8: Eksperimentele bepalings (Eksp. 3)

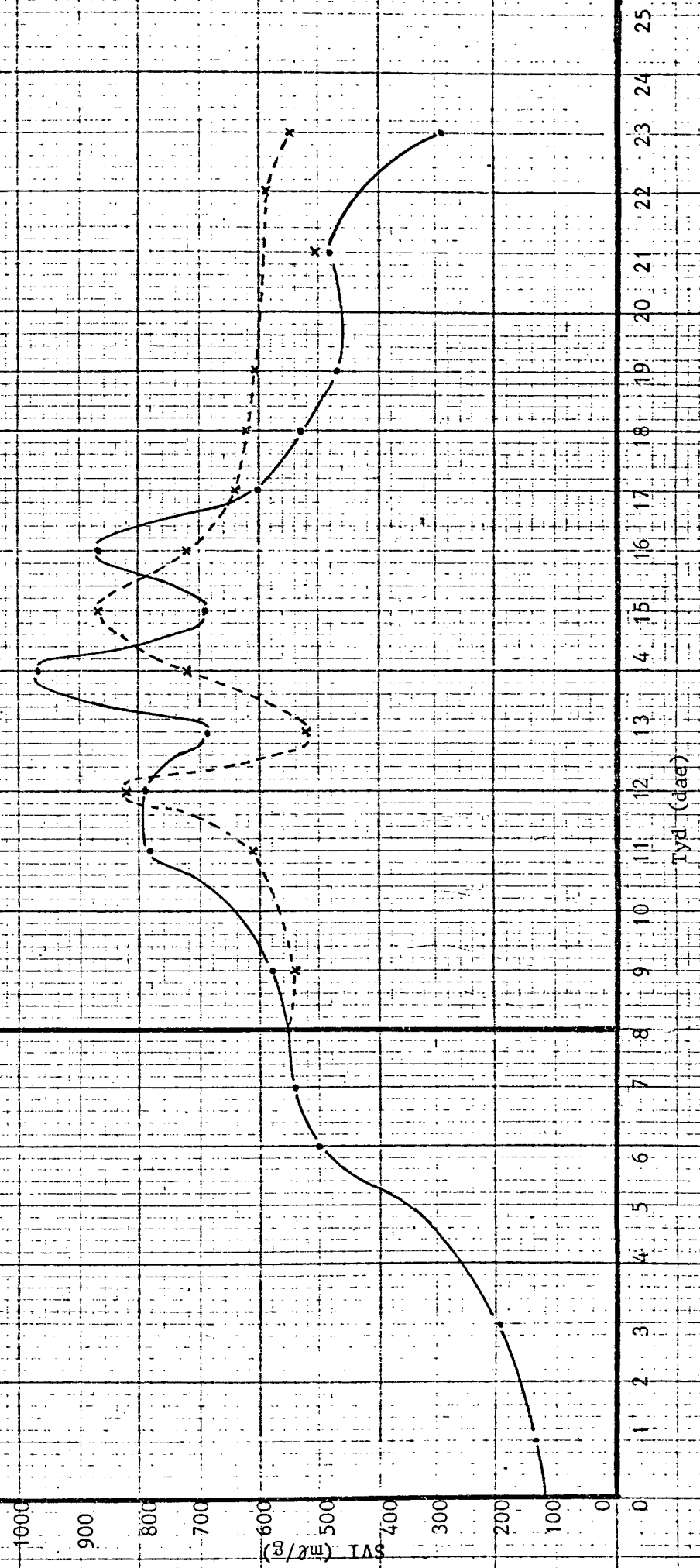


Figuur 10.10: SSSM teenoor tyd - eksperiment 3

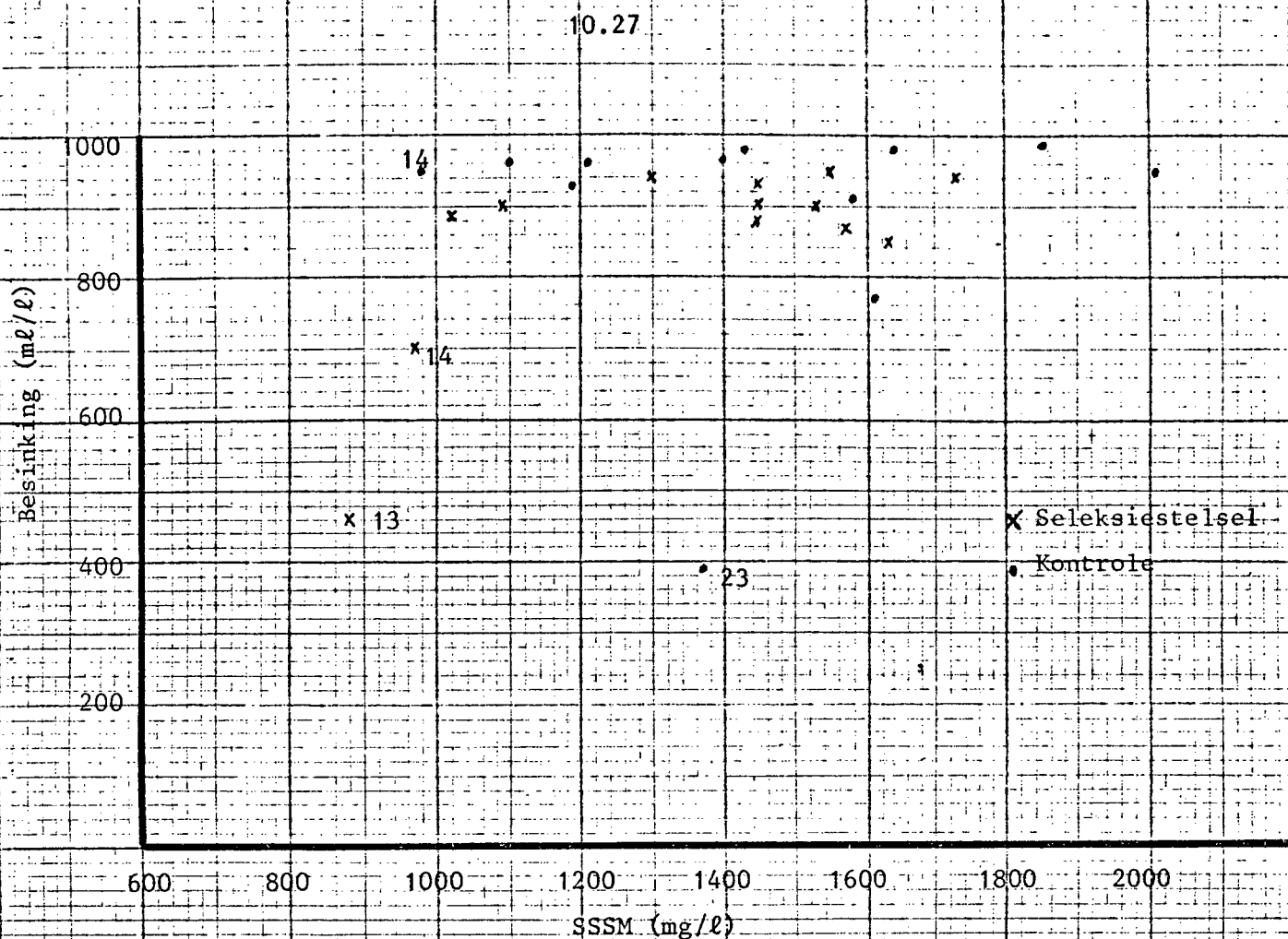


Figuur 10.11: Besinking teenoor tyd - eksperiment 3

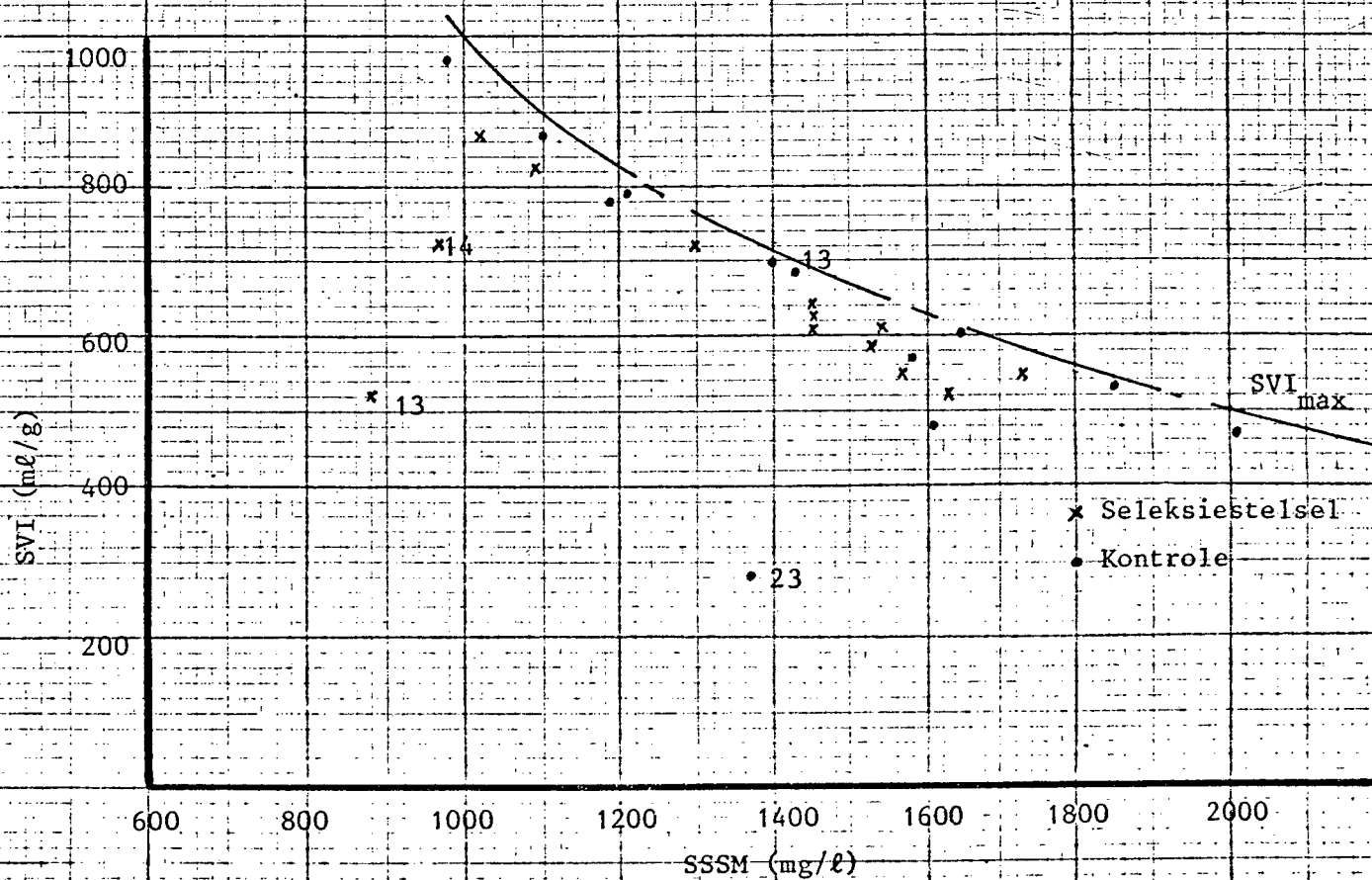
----- Seleksiestelsel
 ————— Kontrole



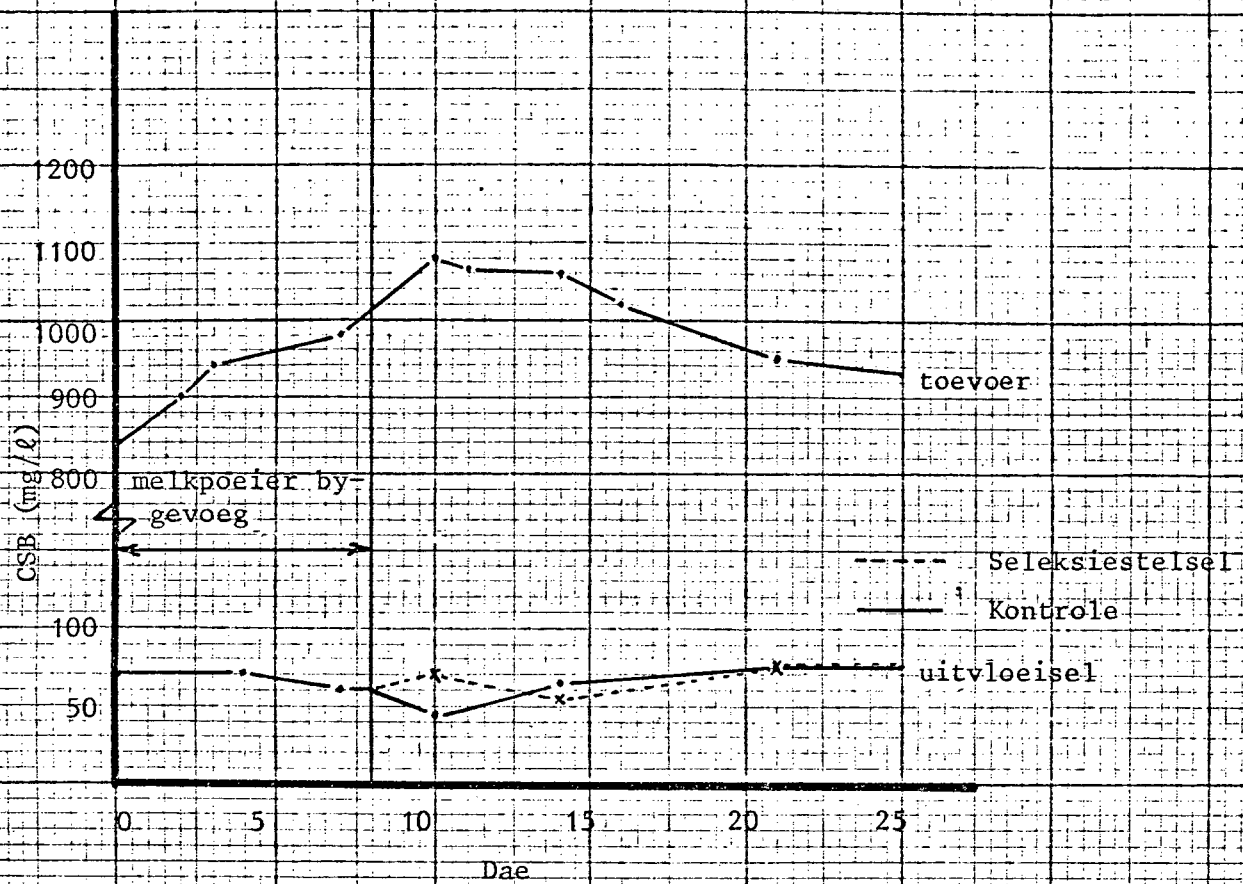
Figuur 10.12: SVL teenoor tyd - eksperiment 3



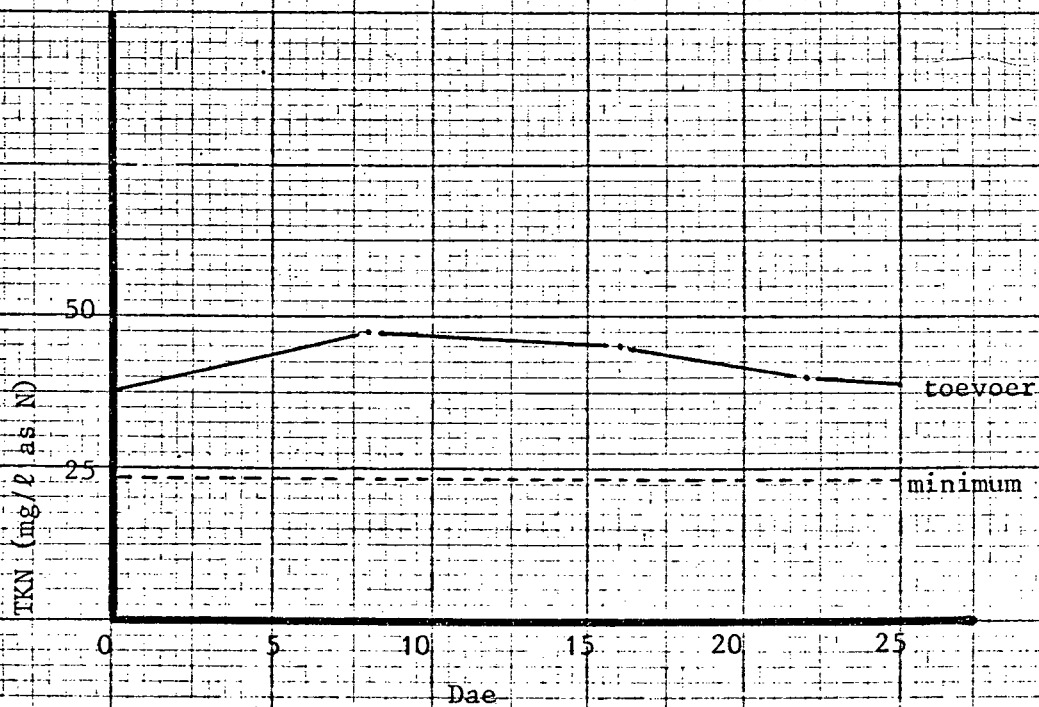
Figuur 10.13: Besinking teenoor SSSM - eksperiment 3



Figuur 10.14: SVI teenoor SSSM - eksperiment 3



Figuur 10.15: CSB-konsentrasie in toevoer en uitvloeisel



Figuur 10.16: TKN in toevoer en benodigde minimum

10.5 Eksperiment lopies 4

10.5.1 Prosedure

In Januarie 1983 is met eksperimentele lopies 4 begin. Twee sisteme met twee groot belugtingsbakke in elke sisteem is gelyktydig volgens die prosedure in eksperiment 2 opgestel. In elke sisteem sou, nadat slykuitdying verkry is, een belugtingsbak na 'n seleksiestelsel omgeskakel word, terwyl die ander belugtingsbak as kontrole sou dien. Die slykmengsel is vanaf Scottsdene verkry en die konsentrasie CSB in die toevoer is geleidelik deur die byvoeging van suiker verhoog. Voedingstoftekort is weer eens deur die byvoeging van $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ aangevul.

10.5.2 Resultate

Die SVI in die twee sisteme het gewissel tussen 100 ml/g en 150 ml/g. Slykuitdying en filamentiese groei kon nie bewerkstellig word nie. Die filamente wat aanvanklik teenwoordig was het heeltemal uit die sisteme verdwyn.

Hierna is besluit om die slykmengsel te inokuleer met humusslyk waarin filamente teenwoordig was. Na 'n verdere twee dae is steeds geen filamentiese groei waargeneem nie. Die lopies is hierna gestaak.

Die gegewens van eksperiment lopies 4 is in tabel 10.9 saamgevat en die eksperimentele bepalinge word in tabel 10.10 en tabel 10.11 gegee.

Beskrywing

Slykmengsel	vanaf Stellenbosch
CSB-rioolwater	650 mg CSB/l
CSB-toevoer	+ 1 400 mg CSB/l
Slykouderdome (R_s)	6 dae
Toevoervloeitempo (Q)	6 l/dag
Hidrouliese retensietyd (R)	24 uur
Temperatuur	20 - 22°C

Tabel 10.9: Gegewens van eksperiment lopies 4

10.5.3 Bespreking

Die rede waarom slykuitdying nie verkry is nie, kan toegeskryf word aan die samestelling van die toevoer en die akklimatisering en kondisie van die slyk.

Dieselfde slyk as in eksperiment 1 is gebruik. Die slyk is toegelaat om net vir een dag te akklimatiseer voordat daar met die verhoging van die CSB-konsentrasie van die toevoer begin is.

Die konsentrasie van die toevoer is met byvoeging van suiker vanaf 650 mg CSB/l tot $\pm 1\,400$ mg CSB/l verhoog. Die verhoogde konsentrasie was 2,2 keer groter as die oorspronklike konsentrasie van die rioolwater.

Mikroskopiese waarnemings het getoon dat die filamente wat aanvanklik teenwoordig was, uit die sisteme verdwyn het. Deur die slykmengsel met humusslyk te inokuleer, kon geen filamentiese groei bewerkstellig word nie.

Dag	CSB-voer mg/ℓ	TKN-voer mg/ℓ	pH	O.S mg/ℓ	SSSM mg/ℓ	VSSSM mg/ℓ	Besink mℓ/ℓ	SVI mℓ/g	CSB _{uit} mg/ℓ	pH	O.S mg/ℓ	SSSM mg/ℓ	VSSSM mg/ℓ	Besink mℓ/ℓ	SVI mℓ/g	CSB _{uit} mg/ℓ
1	650		7,7	9,4	3350		620	185		7,5	6,9	4250		660	155	
2	810		7,7	9,8	2110	1730	230	109	25	7,4	7,6	1950	1670	240	123	28
3			7,7	10,0			250			8,4	7,8			240		
4	820	44	7,7	9,8	1610		210	130		7,6	8,5	1910		250	130	
5			7,6	9,5			200			7,6	5,5			250		
6	1 081		7,8	10,2	1660		200	120	33	7,8	7,6	1780		260	146	36
7			7,3	9,0			170			7,0	7,8			310		
8	1 406		7,9	10,4	1720	1460	260	151		6,9	7,8	2050	1700	350	170	
9			7,6	9,4	1690		250	147		7,5	7,7	1910		310	162	
10			Filamente het uit die stelsel verdwyn													
11			Inokuleer slykmengsel met humusslyk													
12	1 322	42,4	6,7	9,1	1980		300	151		6,5	8,3	1940		290	149	
13			Gestaak													

Tabel 10.10: Eksperimentele bepalinge (Eksp. 4)

Eksperiment 4 - Sisteem 2

Dag	CSB-voer mg/ℓ	TKN-voer mg/ℓ	pH	O.S mg/ℓ	SSSM mg/ℓ	VSSSM mg/ℓ	Besink mℓ/ℓ	SVI mℓ/g	CSB _{uit} mg/ℓ	pH	O.S mg/ℓ	SSSM mg/ℓ	VSSSM mg/ℓ	Besink mℓ/ℓ	SVI mℓ/g	CSB _{uit} mg/ℓ
1	650		7,7	8,3	4080		660	161		7,6	7,8	4610		800	173	
2	831		7,7	9,2	1790	1550	220	123	31	7,6	8,6	2490	2140	250	100	34
3			7,8	9,7			230			7,6	9,1			240		
4	850		7,8	9,7	1710		210	123		7,6	9,4	2410		520	215	
5			7,6	9,8			220			7,7	9,9			300		
6	1048	58,8	7,9	7,8	1780		270	151	45	7,9	7,6	1940		290	149	41
7			7,3	9,2			300			7,4	8,7			260		
8	1440		7,2	8,7	1910	1610	330	172		7,3	7,4	2150		360	167	
9			7,2	8,8	1740		290	166		7,2	8,1	2050	1850	280	136	
10			Filamente het uit die stelsel verdwyn													
11			Inokuleer slykmengsel met humusslyk													
12	1264		6,8	9,1	1630		250	153		6,7	8,2	1800		280	155	
13		68,3	Gestaak													

Tabel 10.11: Eksperimentele bepalinge (Eksp. 4)

10.6 Eksperiment lopies 5

10.6.1 Prosedure

Die laaste eksperimentele lopies (2 groot belugtingsbakke) is weer eens volgens die prosedure in eksperiment 2 gedoen. Waar daar in die vorige eksperiment met 'n slykmengsel vanaf Scottsdene begin is, is hier net soos in eksperiment 2 met humusslyk begin. Die sisteem is twee dae lank met rioolwater bedryf sodat die humusslyk tot toestand van die geaktiveerde slykproses kon akklimatiseer.

Die verhoging van die CSB-konsentrasie in die toevoer het geleidelik deur die byvoeging van suiker plaasgevind. Tekorte aan voedingstowwe is deur die byvoeging van $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ reggestel.

10.6.2 Resultate

Die SVI het gewissel tussen 100 ml/g en 150 ml/g. Geen filament was in die slykmengsel teenwoordig nie en slykuitdying kon nie bewerkstellig word nie. Na 1,5 slykouderdomme is steeds geen filamentiese groei waargeneem nie en die lopies is gestaak.

Die gegewens van eksperiment lopies 5 is in tabel 10.12 saamgevat en die eksperimentele bepalinge word in tabel 10.13 gegee.

Beskrywing

Slykmengsel-	humusslyk vanaf Stellenbosch
CSB-rioolwater	450 mg CSB/l
CSB-toevoer	1 280 mg CSB/l
Slykouderdom (R_s)	6 dae
Toevoervloeitempo (Q)	6 l/dag
Hidrouliese retensietyd (R)	24 uur
Temperatuur	20 - 22°C

Tabel 10.12: Gegewens van eksperiment lopies 5

10.6.3 Bespreking

In eksperiment 2 is slykuitdying maklik verkry deur met humusslyk te begin. Die verskil tussen eksperiment 2 en hierdie lopie is die mate waarin die CSB-konsentrasie van die toevoer verhoog is. Die CSB-konsentrasie is vanaf 450 mg CSB/ℓ tot 1 280 mg CSB/ℓ verhoog, wat 2,8 keer groter was as die oorspronklike konsentrasie van die rioolwater. Die CSB verwydering was nogtans bo 90%.

Die kondisie van die slyk kon ook daartoe bygedra het dat slykuitdying nie verkry kon word nie. Baie minder filamente was tydens hierdie lopie in die humusslyk waarneembaar as met eksperiment 2.

Die temperatuur was gedurende hierdie lopie hoër as gedurende eksperiment 2 (+ 2°C hoër), maar volgens die literatuurstudie moes dit eerder filamentiese groei bevorder het.

Eksperiment 5

Dag	CSB-voer mg/ℓ	TKN-voer mg/ℓ	pH	O.S mg/ℓ	SSSM mg/ℓ	VSSSM mg/ℓ	Besink mℓ/ℓ	SVI mℓ/g	CSB _{uit} mg/ℓ	pH	O.S mg/ℓ	SSSM mg/ℓ	VSSSM mg/ℓ	Besink mℓ/ℓ	SVI mℓ/g	CSB _{uit} mg/ℓ
1			Slykmengsel is toegelaat om te aklimatiseer													
2	450		7,6	8,0	2470		250	101		7,3	7,5	2630		250	95	
3			7,7	8,2	1580		230	145	75	7,7	8,0	1760		240	136	81
4			7,1	8,9			190			7,0	8,4			250		
5	870	70,0	6,7	8,2	1630	1440	200	122		6,6	7,7	2040	1740	270	132	
6	1150		7,1	9,0	1800	1560	250	138	89	6,9	7,8	2540	2170	300	118	98
7	1232		7,4	8,6	1540		220	142		7,3	7,4	2090		290	138	
8			6,9	9,3			240		85	6,0	8,1			270		118
9	1281		6,8	8,5	1790		250	140		6,9	7,9	1950		280	143	
10			Geen filamentiese groei gevind nie Gestaak													

Tabel 10.13: Eksperimentele bepalinge (Eksp. 5)

10.7 Mikroskopiese ondersoek

In eksperimente 2 en 3 kon die filamentiese mikroörganismes wat binne vier dae ontwikkel het duidelik onder die mikroskoop waargeneem word. Die filamente het aanvanklik om swamdrade of in digte vlokke begin ontwikkel. Later is baie duidelik waargeneem hoe die filamente eers kort uit die vlokke groei en al langer word en vermeerder. Filament-tot-filament- en vlok-tot-filament-verbindings kon waargeneem word. Die selektering van mikroörganismes en die verwagte vermindering in filamente kon nie duidelik waargeneem word nie aangesien daar deurentyd heelwat filamente in die slymengsel teenwoordig was.

Gedurende eksperimente 2 en 3 is 'n aantal foto's geneem van die groei van die filamente in die slykmengsels.

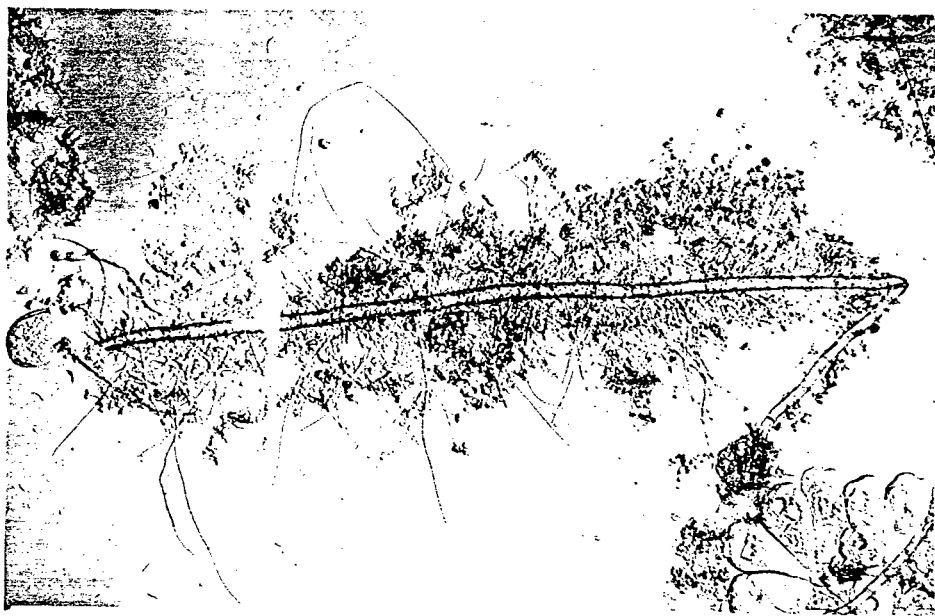


Foto 1: Die foto toon 'n slykvlok wat in die lengte om 'n swamdraad gevorm het. Die swamdraad dien hier as 'n ruggraat vir die vlok. Die begin van die uitgroeiende filamente kan hier waargeneem word.

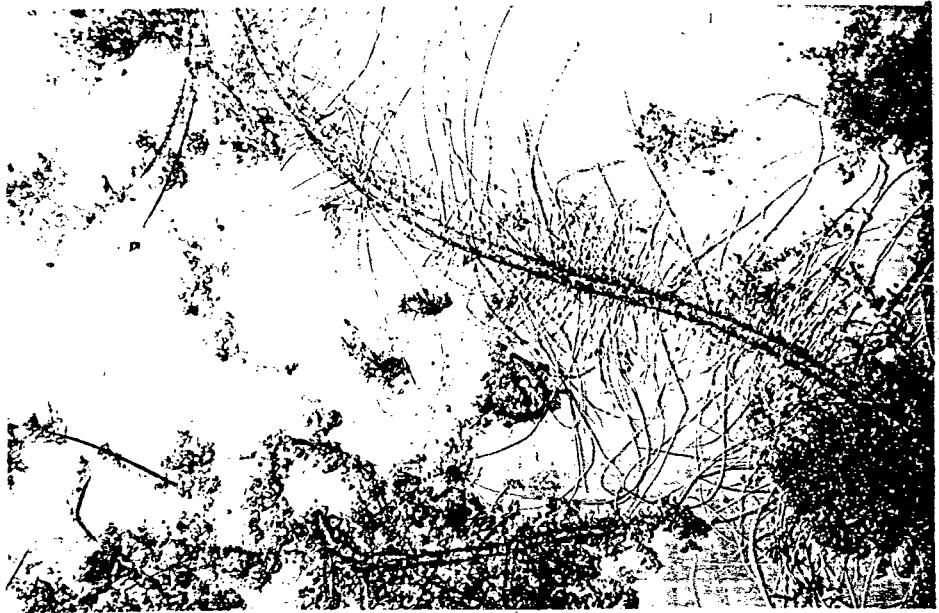


Foto 2 en 3: Die filamentiese groei het eerste om die swamdrade, waar die filamente aanvanklik in klein hoeveelhede teenwoordig was, ontwikkel. Foto 3 toon hoe die filamentdrade vermeerder het en die slykvlokke saambind.

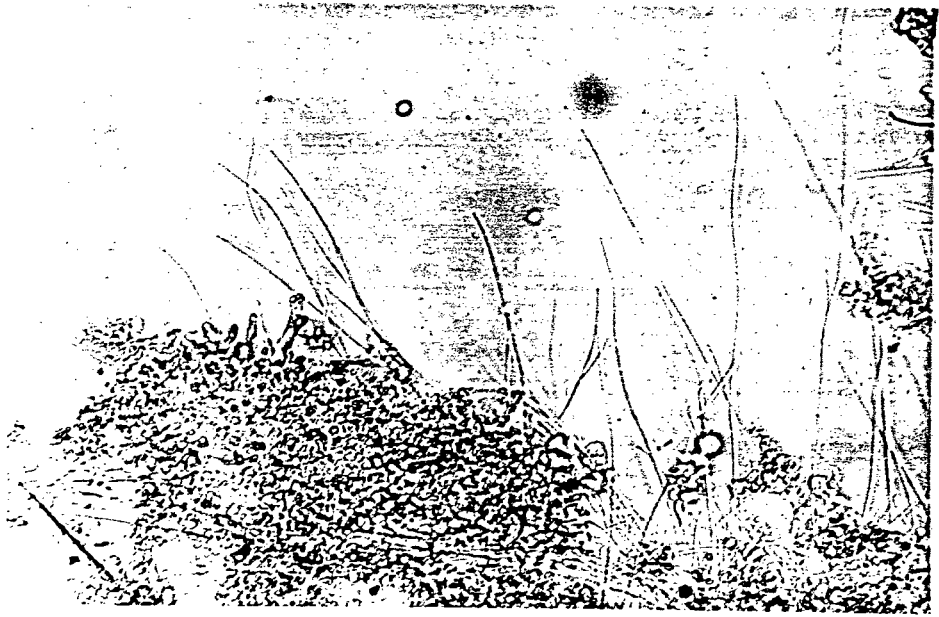


Foto 4: Dié foto toon die filamentiese uitgroei in die omliggende omgewing in op die kant van 'n slykmasa.

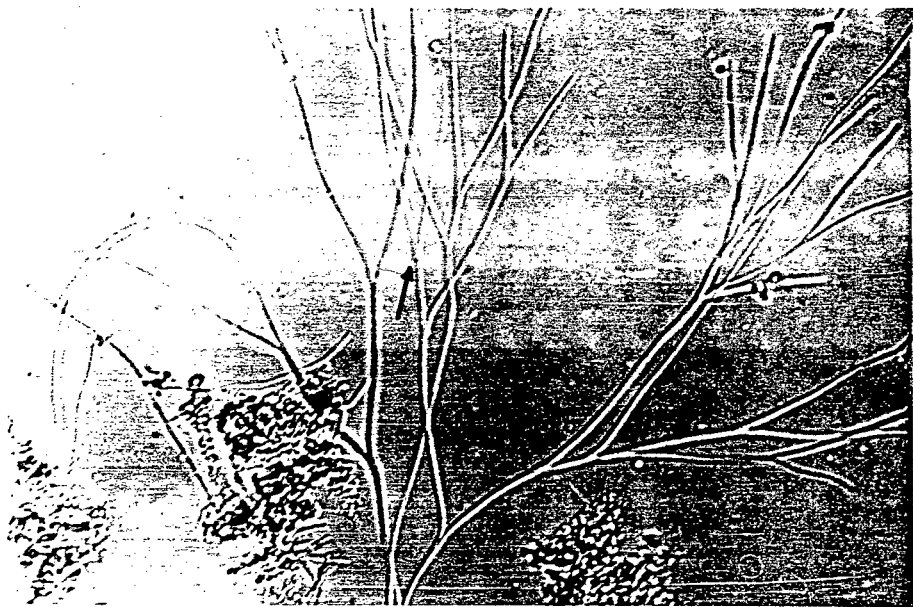


Foto 5: 'n Voorbeeld van die vertakkings wat deur filamente gevorm kan word, is duidelik sigbaar. Uit hierdie foto is dit moeilik om te bepaal of die vertakkings vals is of nie. Onder die mikroskoop, toe die foto geneem is, was die vals vertakkings baie duidelik sigbaar. Die pyl op die foto dui aan waar 'n vals vertakking voorkom. Die onegaligheid by die vertakkingspunte toon dat dit vals vertakkings is.

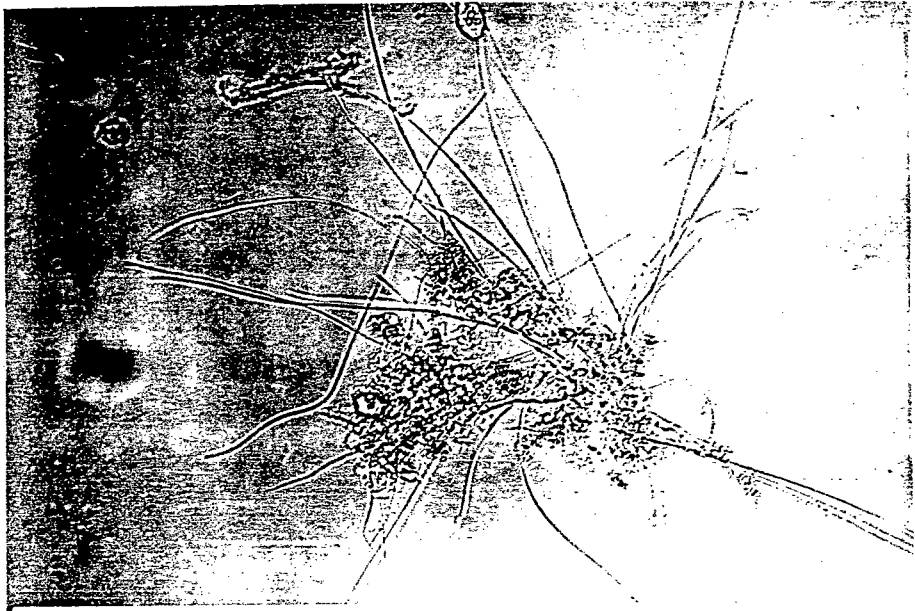


Foto 6: Dit is 'n voorbeeld van 'n klein slykvlok waaruit die filamentdrade in alle rigtings groei. Met sulke lang filamentdrade kan filament-tot-filament-verbindings maklik gevorm word.



Foto 7 : Dit is 'n voorbeeld van 'n massa filamentdrade wat uit 'n bondel groei. Dit is waargeneem tydens die akklimatiseringstydperk van die humusslyk. Die voorkoms het later uit die slykmengsel verdwyn.

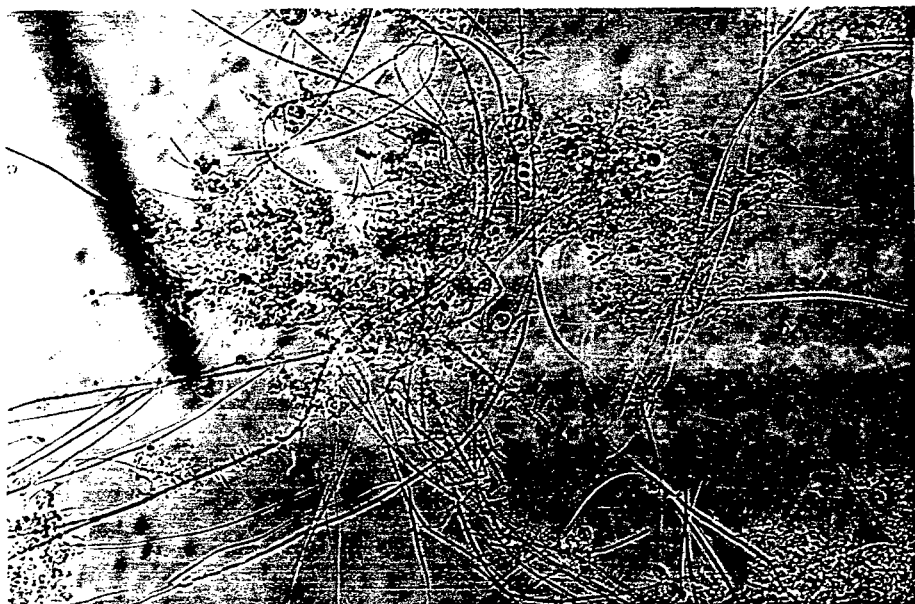
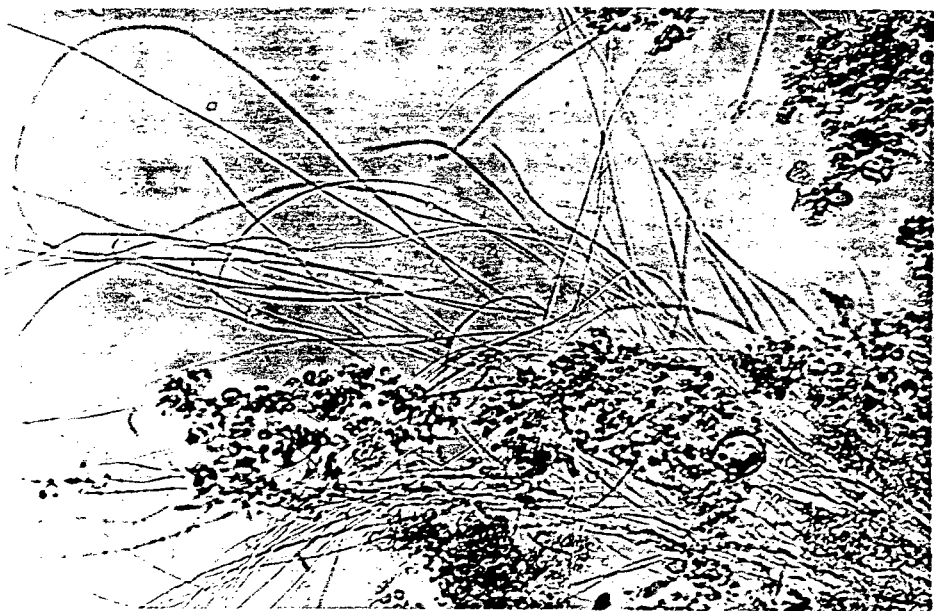


Foto 8 en 9: Die foto's toon hoe die filamentiese mikroörganismes oorheersend in alle rigtings in die slyk kan groei. In foto 7 is 'n massa filamentdrade wat alreeds die vlokke saamgebind het. In foto 8 kan die verbindings na alle rigtings en die netwerk filamentdrade gesien word.

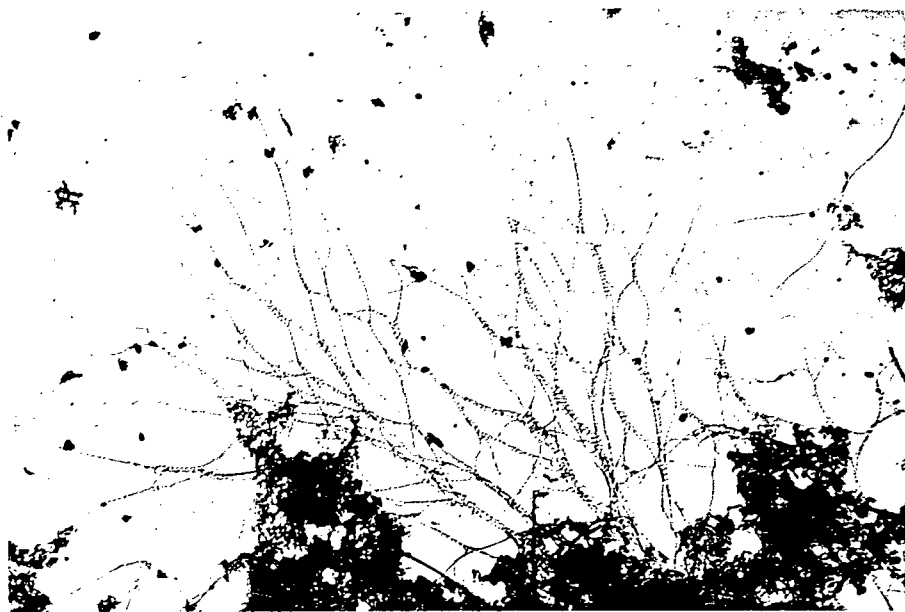


Foto 10: Die foto is geneem van 'n droë slykmonster. Groot hoeveelhede filamente uit die slykvlok kan waargeneem word. Die rede waarom die filamentdrade op sekere plekke dig teenmekaar lê, is dat wanneer die water verdamp en die slykmonster droog word, die filamentdrade neig om na mekaar te skuif. Dit is dus nie 'n ware beeld van hoe die filamente in die slyk groei nie.

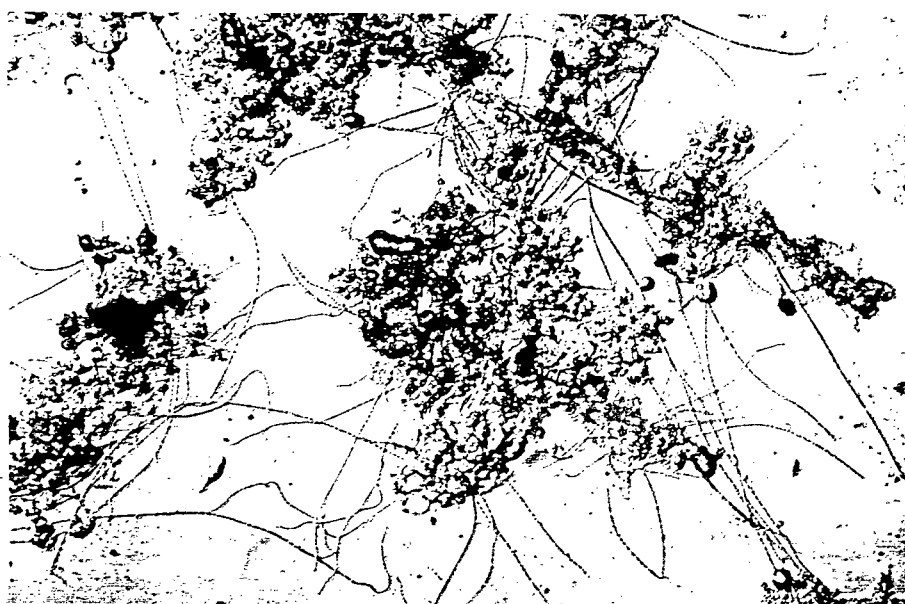


Foto 11: Die filamentdrade strek in alle rigtings en die selle in die filamente kan vaagweg waargeneem word.



Foto 12 en 13: Die selle in die filamentdrade is baie duidelik sigbaar. Die selle het 'n langwerpige vorm met 'n duidelike skede daarom. Die selle vertoon los van mekaar sodat dit soos 'n reeks stippels voorkom.

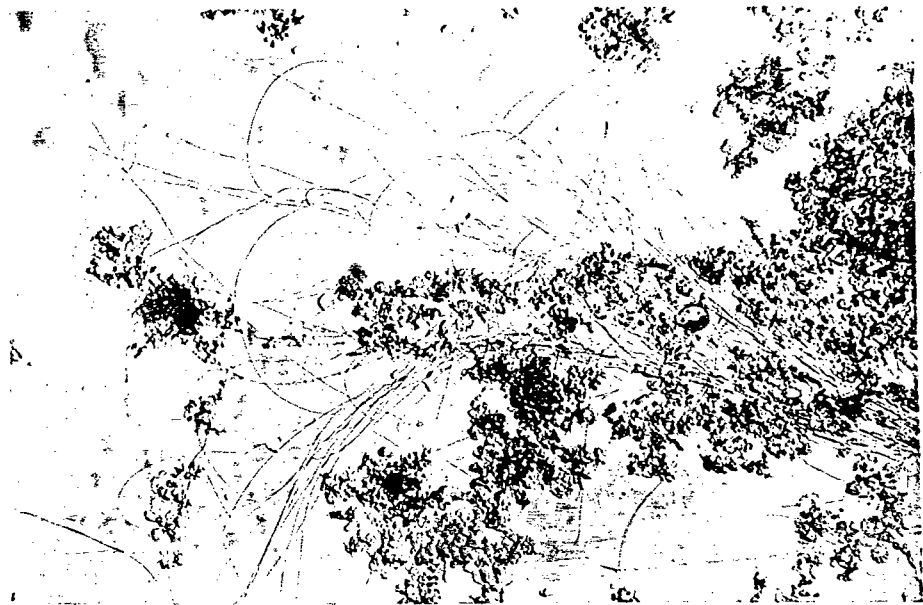
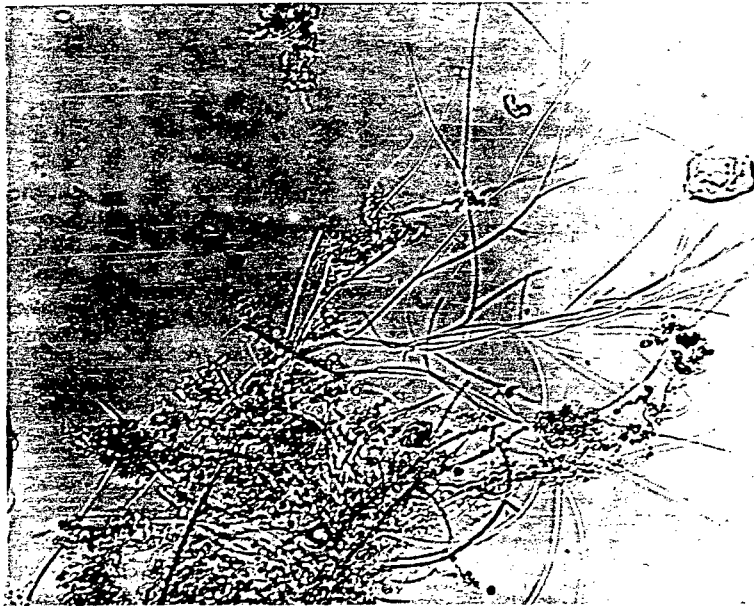


Foto 14 en 15: Nog voorbeelde van filamentiese groei in die slyk-
mengsels word getoon.

10.8 Samevatting en bespreking van resultate

Aangesien die slykkonsentrasie baie gewissel het en die CSB-konsentrasie van die toevoer gedaal het, is dit moeilik om die kos:mikroorganisme-verhouding (F/M) in eksperiment 2 en eksperiment 3 vas te stel. Indien aangeneem word dat die vlugtige stowwe gemiddeld 85% van die slykkonsentrasie uitgemaak het, kan die F/M soos volg bepaal word:

$$F/M = \frac{CSB_{in} - CSB_{uit}}{0,85 \times SSSM} \times \frac{Q}{V_T} \text{ g CSB verwyder/g VSSSM, dag}$$

Met die bostaande formule is die F/M in eksperiment 2 en 3 op die onderskeie dae bepaal en word dit in tabel 10.14 aangegee:

Dag	$(F/M)_i$	$(F/M)_s$	$(F/M)_k$	
1			0,65	
3			0,91	
7			0,69	
10	31	0,61	0,62	
11	45*	1,03*	0,86	
14	36	0,74	1,24*	
16	28	0,56	0,79	
21	33	0,67	0,69	
Gemiddelde	32	0,65	0,74	$\left(\frac{\text{g CSB verwyder}}{\text{g VSSSM, dag}} \right)$

Eksperiment 2

Dag	$(F/M)_i$	$(F/M)_s$	$(F/M)_k$	
1			0,65	
3			0,88	
7			0,72	
10	17	0,60	0,67	
11	20	0,66	0,88	
14	36*	1,06*	1,04*	
16	27	0,75	0,88	
21	22	0,55	0,55	
Gemiddelde	22	0,64	0,75	$\left(\frac{\text{g CSB verwyder}}{\text{g VSSSM, dag}}\right)$

Eksperiment lopies 3

Tabel 10.14: F/M -waardes in eksperimente 2 en 3 (Gemiddelde waardes bereken sonder *)

In albei eksperimente was die gemiddelde $(F/M)_i$ groter as 20 g CSB verwyder/g VSSSM, dag, terwyl die ladings van die stelsels gewissel het tussen 0,6 - 0,9 g CSB verwyder/g VSSSM, dag. Seleksiestelsel 2 met 'n hoër F/M in die eerste seleksiekompartment het oor die algemeen beter resultate gelewer as seleksiestelsel 3. Volgens die skrywer is $(F/M)_i$ nie losstaande van $(F/M)_s$ nie. Die resultate toon dat met 'n hoër verhouding $(F/M)_i:(F/M)_s$ soos in eksperiment 2, beter tekens van selektering waargeneem is.

Die kort kontaktyd tussen die slyk en die hoë substraatkonsentrasie in die eerste seleksiekompartment het ook bygedra tot beter resultate in eksperiment 2. Die hidrouliese retensietyd in die eerste seleksiekompartment was onderskeidelik 24 min (eksp. 2) en 36 min (eksp. 3). Met 'n slykretoertempo van 1:1 was die kontaktyd in die eerste seleksiekompartment onderskeidelik 12 min en 18 min.

Die swak slykretoer wat ondervind is, het die resultate van die ondersoek beïnvloed. Die eerste tekens van seleksie in die onderskeie stelsels kon nie positief opgevolg word nie aangesien die slyk in die besinktenks opgegaan het. Met 'n toevoervloeitempo

van 6 l/d en 'n besinktenkvolume van 4 l was die hidrouliese retensietyd in die besinktenks 16 uur. Met die swak slykretoter en lang retensietyd in die besinktenks kan aangeneem word dat die selektering wat wel plaasgevind het, weer in die besinktenks verdwyn en tot niet gemaak is.

In die metode om slykuitdying te bewerkstellig, het die verskillende persentasieverhogings in die CSB-konsentrasie 'n invloed gehad. Die gegewens vir elke eksperiment word saamgevat in tabel 10.15.

Eksp. No.	Byvoeging	CSB- rioolwater mg/l	CSB- toevoer mg/l	%-verhoging	Opmerking
Lopie 1	Suiker	700	>3 500	>400	dispersiegroei
Lopie 2	Suiker	850	1 250	47	slykuitdying goed
Lopie 3	Melkpoeier	850	1 080	27	slykuitdying goed
Lopie 4	Suiker	650	1 400	115	geen slyk- uitdying
Lopie 5	Suiker	450	1 280	184	geen slyk- uitdying

Tabel 10.15: Gegewens oor konsentrasieverhogings in die toevoer

In tabel 10.16 word die gegewens van seleksiestelsel 2 en seleksiestelsel 3 in tabelvorm vergelyk.

Beskrywing	Seleksie- stelsel 2	Seleksie- stelsel 3	Eenhede
V_T/V_i	61	48	
CSB-konsentrasie verhoog met	suiker	melkpoeier	
CSB-toevoer (gem.)	982	1 040	mg/l
CSB in V_i (gem.)	220	wissel	mg/l
CSB-uitvloeisel (gem.)	64	68	mg/l
$(F/M)_i$ in V_i	32	22	$\frac{\text{g CSB verwyder}}{\text{g VSSM, dag}}$
$(F/M)_s$ in stelsel	0,65	0,64	$\frac{\text{g CSB verwyder}}{\text{g VSSM, dag}}$
$(F/M)_i:(F/M)_s$	50	34	
Kontaktyd van retoerslyk met			
substraat in V_i	12	18	minute

Table 10.16: Gegewens van seleksiestelsels (gemiddelde waardes)

HOOFSTUK 11: SAMEVATTING EN GEVOLGTREKKINGS

11.1 Samevatting

Vanuit die twee eksperimentele lopies waarin selektering van mikroörganismes toegepas is, is die volgende gevind:

- (i) Tekens van selektering van mikroörganismes kon na een slykouderdome waargeneem word, maar het weer verdwyn. Volledige selektering van mikroörganismes het nie plaasgevind nie.
- (ii) Die swak besinking van die slyk en die lang retensietyd van die slyk in die besinktenks het veroorsaak dat selektering van mikroörganismes nie behou kon word nie.
- (iii) Die seleksiestelsel het nie beter suiwering getoon as die kontrolestelsel nie.
- (iv) Die stelsel met 'n substraatkonsentrasiegradiënt het nie beter selektering van mikroörganismes getoon as die stelsel met 'n hoë volumeverhouding V_T/V_i nie.
- (v) Faktore wat 'n invloed op die selektering van mikroörganismes uitgeoefen het, was soos volg (die waardes tussen hakies verwys na stelsel 2 en stelsel 3 onderskeidelik met stelsel 2 wat die beste resultate gelewer het):
 - (a) 'n Hoër volumeverhouding V_T/V_i (61 teenoor 48).
 - (b) 'n Hoër F/M in die eerste seleksiekompartement (32 teenoor 22 g CSB verwyder/g VSSSM, dag).
 - (c) 'n Hoër verhouding van F/M in die eerste seleksiekompartement tot die F/M van die stelsel (50 teenoor 34).
 - (d) 'n Korter kontaktyd tussen retoerslyk en die substraat in die eerste seleksiekompartement (12 teenoor 18 minute).

- (e) 'n Hoër CSB-konsentrasie in die eerste seleksie-kompartement (3,4 keer groter as in die groot belugtingsbak).

11.2 Gevolgtrekking

Na aanleiding van die tekens van selektering van mikroörganismes en die resultate van die eksperimentele werk, is die volgende gevolgtrekkings gemaak:

- (1) 'n Groot volumeverhouding V_T/V_i is nodig vir die selektering van mikroörganismes.
- (2) 'n Hoë F/M in die eerste seleksiekompartement is nodig vir die selektering van mikroörganismes.
- (3) 'n Hoë substraatkonsentrasie in die eerste seleksiekompartement teenoor die substraatkonsentrasie in die groot belugtingsbak is nodig.
- (4) 'n Substraatkonsentrasiegradiënt oor twee of meer seleksiekompartement is nie belangrik nie.
- (5) Die kontaktyd tussen retoerslyk en die substraatkonsentrasie in die eerste seleksiekompartement is belangrik. 'n Korter kontaktyd gee beter selektering.
- (6) Die aantal seleksiekompartemente in die stelsel is nie belangrik nie. Een seleksiekompartement verrig dieselfde funksie as twee of meer kompartement.
- (7) Die verhouding van F/M in die eerste seleksiekompartement tot die F/M van die stelsel is belangrik. 'n Hoër verhouding gee beter selektering van mikroörganismes.
- (8) Tekens van selektering van mikroörganismes kan na een slykouderdome waargeneem word terwyl volledige selektering normaalweg na twee slykouderdomme sal plaasvind.

Gevolgtrekkings 1, 2 en 4 beaam die bevindings in Lee et al¹⁾ se ondersoek. Gevolgtrekkings 3 en 5 beaam die bevinding van Matchè⁴⁾. Alhoewel Lee et al¹⁾ nie dieselfde as gevolgtrekking 7 hierbo gemaak het nie, toon die resultate in hulle ondersoek dieselfde bevinding.

Alhoewel duidelike en positiewe resultate verkry en waargeneem is in ondersoeke waar die beginsel van selektering van mikroörganismes toegepas is ¹⁾⁴⁾, en die belangrikheid van sekere faktore volgens hierdie eksperimentele werk beaam word, kandie beginsel van seleksie nie sonder meer in die praktyk toegepas word nie. Verdere navorsing na die toestande rondom die seleksiekompartment en die verhouding waarin die seleksiekompartment tot die groot belugtingsbak ten opsigte van die F/M staan, moet gedoen word. Voordat meer ondersoeke nie gedoen is en ooreenstemming in alle opsigte verkry is nie, kan die beginsel van seleksie nie onvoorwaardelik in die praktyk toegepas word nie.

HOOFSTUK 12: LITERATUURVERWYSINGS

1. Lee, Koopman, Jenkins and Lewis (1982). The effect of aeration basin configuration on activated sludge bulking at low organic loading. Wat. Sci. Tech., 14, 407-427.
2. Chudoba, Ottová and Mandra (1973). Control of activated sludge filamentous bulking - I. Effect of the hydraulic regime or degree of mixing in an aeration tank. Wat. Res., 7, 1163-1182.
3. Chudoba, Grau and Ottavá (1973). Control of activated sludge filamentous bulking - II. Selection of microorganisms by means of a selector. Wat. Res., 7, 1389-1406.
4. Matsché, N.F. (1982). Control of bulking sludge - Practical experience in Austria. Wat. Sci. Tech., 14, 311-320.
5. Kalinske (1976). Comparison of air and oxygen activated sludge systems. Journal WPCF, 48, 2479.
6. Ruchoff and Kachmar (1941). The role of Sphaerotilus natans in activated sludge bulking. Sewage Works Journal, 13, 3-38.
7. Barnard (1978). Solving sludge bulking problem. Water Pollution Control, 103-106.
8. Pipes, W.O. (1967). Bulking of activated sludge. Adv. Appl. Microbiol., 9, 185-238.
9. Pipes, W.O. (1969). Types of activated sludge bulking which separate poorly. Journal WPCF, 41, 714-723.
10. Sezgin, Jenkins and Parker (1978). A unified theory of filamentous activated sludge bulking. Journal WPCF, 40, 362-381.
11. Sezgin, M. (1980). The role of filamentous microorganisms in activated sludge settling. Prog. Wat. Tech., 12, 97-107.
12. Rensink, J.H. (1974). New approach to preventing bulking sludge. Journal WPCF, 46, 1888-1894.

13. Pipes, W.O. (1979). Bulking, deflocculation and pinpoint floc. *Journal WPCF*, 51, 62-70.
14. Benefield and Randal (1979). Air and O₂ activation: Verdict still undecided on best system for settleability. *Water and Sewage Works*, 44-46.
15. Farquhar and Boyle (1971). Occurrence of filamentous microorganisms in activated sludge. *Journal WPCF*, 43, 779-798.
16. Phaup, J.D. (1968). The biology of *Sphaerotilus natans*. *Wat. Res.*, 2, 597-614.
17. Brower and Gaddis (1969). Filamentous waste treatment systems at low pH. *Journal WPCF*, 41, R61-R72.
18. Tomlinson and Chambers (1979). Methods for prevention of bulking in activated sludge. *Water Pollution Control*, 524-533.
19. Parker and Merril (1976). Oxygen and air activated sludge: Another view. *Journal WPCF*, 48, 2520.
20. Palm, Jenkins and Parker (1980). Relationship between organic loading, dissolved oxygen concentrations and sludge settleability in the completely-mixed activated sludge process. *Journal WPCF*, 52, 2484-2506.
21. Ingols and Heukelekian (1939). Bulking of sludge by means of carbohydrates. *Sewage Works Journal*, 11, 927-945.
22. Littman, M.L. (1940). Carbon and Nitrogen transformations in the purification of sewage by the activated sludge process. *Sewage Works Journal*, 12, 685-693.
23. Pasveer, A. (1969). A case of filamentous activated sludge. *Journal WPCF*, 41, 1340-1352.
24. Farquhar and Boyle (1972). Control of *Thiothrix* in activated sludge. *Journal WPCF*, 44, 14-24.

25. Sezgin, Jenkins and Palm (1980). Floc size, filament length and settling properties of prototype activated sludge plants. Prog. Wat. Tech., 12, 171-182.
26. Sezgin, M. (1982). Variation of sludge volume index with activated sludge characteristics. Wat. Res., 16, 83-88.
27. Heukelekian and Ingols (1940). Bulking induced by domestic sewage. Sewage Works Journal, 12, 694-714.
28. Ingols and Heukelekian (1940). Bulking of sludge fed with pure substances and supplied with different amounts of oxygen. Sewage Works Journal, 12, 849-861.
29. Marais and Ekama (1976). The activated sludge process part I - Steady state behaviour. Water SA, 2, 164-200.
30. Ford and Eckenfelder (1967). Effects of process variables on sludge floc formation and settling characteristics. Journal WPCF, 39, 1850.
31. Finstein and Heukelekian (1967). Gross dimensions of activated sludge flocs with reference to bulking. Journal WPCF, 39, 33-40.
32. Krul, J.M. (1977). Experiments with *Haliscomenobacter hydrossis* in continuous culture without and with *Zooglea ramigera*. Wat. Res., 11, 197-204.
33. Sykes et al. (1979). Algal and bacterial filamentous bulking of activated sludge. Journal WPCF, 51, 2829-2840.
- *34. Strom and Jenkins: Filamentous Microorganisms in activated sludge bulking in the U.S. particularly California. Paper presented at the 51st annual conference of California WPCA, San Diego.
35. Eikelboom, D.H. (1974). Filamentous organisms observed in activated sludge, Wat. Res., 9, 365-388.

36. Frenzel, H.J. (1977). Some experience with chlorination of activated sludge for the fight against bulking sludge in the Berlin-Ruhleben treatment plant. *Prog. Wat. Tech.*, 8, 163-167.
37. Cole et al. (1973). Hydrogen Peroxide cures filamentous growth in activated sludge. *Journal WPCF*, 45, 829-836.
38. Control Sludge Bulking: Hydrogen Peroxide cures sludge bulking in Florida wastewater treatment plant. *Water and Sewage Works*, March 1977.
39. Heukelekian, H. (1941). Activated sludge bulking. *Sewage Works Journal*, 13, 39-42.
40. Curtis, E.J.C. (1969). Sewage fungus: Its nature and effects. *Wat. Res.*, 3, 289-311.
41. Lackey and Wattie (1940). The biology of *Sphaerotilus natans* Kutzing in relation to bulking of activated sludge. *Sewage Works Journal*, 12, 669-684.
42. McKinney - Microbiology for Sanitary Engineers. McGraw-Hill.
43. Daigger and Grady (1982). The dynamics of microbial growth and soluble substrates. *Wat. Res.*, 16, 365-381.
44. Stumm-Zollinger, E. (1968). Substrate utilization in heterogeneous bacterial communities. *Journal WPCF*, 40, R213-R229.
- *45. Rensink, Jellema and Ywema (1977). The influence of substrate gradient on the development of bulking sludge. *H₂O*, 10, 338-340.
- *46. Houtmeyers, J. (1978). Relations between substrate feeding patterns and development of filamentous bacteria in activated sludge process. *Agricultura*, 26, 1-135.
47. Chudoba et al. (1982). Control of activated sludge filamentous bulking - IV. Effect of sludge regeneration. *Wat. Sci. Tech.*, 14, 73-93.

- *48. Eikelboom, D.H.: Biosorption and prevention of bulking sludge by means of high floc loading. Paper 3. Water Research Centre Conference, Cambridge, England.
- 49. Elgin Fruit Juices Effluent Treatment - Report on treatability of effluent from apple juice factory using activated sludge. Report no 750/3637 (Ninham Shand).
- 50. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1976), 16th Ed., Amer. Pub. Health Ass., NY.

Verwysings met * gemerk is nie persoonlik geraadpleeg nie.

BYLAE A: METODE VIR DIE BEPALING VAN DIE SLYKMENGSELKONSENTRASIE BY EWEWIG

Die metode wat in die bepaling van die slykmengselkonsentrasie by ewewig gebruik is, is dié wat deur Marais en Ekama²⁹⁾ ontwikkel is.

Bepaling van die konsentrasie van die organismes (aktiewe slyk).

$$X_a \text{ (mg VSSSM/}\ell\text{)}$$

$$X_a = \frac{Y (S_i - S) R_s}{1 + b R_s} \frac{R_s}{R} \quad (\text{Marais verg. 33})$$

waar Y = die groei-opbrengskoëffisiënt (mg VSSSM/mg CSB verbruik)
 = 0,43 (aanvaar volgens Marais)

b = die spesifieke endogene respirasietempo (mg VSSSM/mg VSSSM, dag)
 = 0,24 (aanvaar volgens Marais)

S = konsentrasie CSB in uitvloeisel (mg CSB/ ℓ)
 = 60 mg/ ℓ (aanvaar)

R_s = slykouderdom (dae)
 = 6 dae (aanvaar)

R = retensietyd (dae)

$$S_i = S_o - S_u - S_{xii} \quad (\text{Marais verg. 43})$$

S_o = totale CSB gemete invloei (mg/ ℓ)

S_i = Bio-afbreekbare CSB (mg/ ℓ)

S_u = Bio-onafbreekbare opgeloste CSB (mg/ ℓ)

S_{xii} = Bio-onafbreekbare partikulêre CSB (mg/ ℓ)

In besinkte rioolwater is:

$$S_u = (0,06 \text{ tot } 0,12) S_o \quad (\text{Marais verg. 46})$$

$$S_{xii} = 0 \quad (\text{Marais verg. 47})$$

$$\text{Aanvaar } S_u = 0,08 S_o$$

$$\begin{aligned} \therefore S_i &= S_o - 0,08 S_o - 0 \\ &= 0,92 S_o \end{aligned}$$

$$\therefore X_a = \frac{0,43 (0,92 S_o - 60) R_s}{1 + 0,24 R_s} \frac{R_s}{R}$$

Bepaling van konsentrasie bio-onafbreekbare endogene residu.

$$X_e \text{ (mg VSSSM/}\ell\text{)}$$

$$\begin{aligned} X_e &= 0,2 \text{ b } X_a R_s \\ &= 0,048 X_a R_s \end{aligned} \quad (\text{Marais verg. 32})$$

Bepaling van totale vlugtige soliedes

$$X_v \text{ (mg VSSSM/}\ell\text{)}$$

$$X_v = X_a + X_e \quad (\text{Marais verg. 39})$$

Benodigde slykkonsentrasie

$$\text{SSSM} \approx 1,333 X_v \text{ (mg/}\ell\text{)}$$

BYLAE B: METODE VIR DIE BEPALING VAN DIE MINIMUM KONSENTRASIE STIKSTOF
IN DIE TOEVOER

Die metode wat gebruik is, is deur Marais en Ekama²⁹⁾ ontwikkel.

Minimum konsentrasie stikstof benodig.

$$N \text{ (mg/ℓ)} = f_n \frac{Y (S_i - S)}{1 + b R_s} (1 + 0,2 b R_s) \quad (\text{Marais verg. 59})$$

waar f_n = fraksie van stikstof as N in X_a en X_e
 $= 0,1 \text{ mg N/mg VSS}$ (aanvaar volgens Marais)